

Mercadal

el paisaje del manejo hídrico

CONCEPCION IGLESIAS REGUEIRO
TESINA AEMA, 2014
Director: Albert Cuchí Burgos
Escuela Técnica Superior de Arquitectura.
Universidad de Barcelona.
ETSAB | UPC

I. INTRODUCCIÓN

- pp |
- 02 | **marco de estudio**
- 03 | **resumen**

II. LA CULTURA DEL AGUA

- 09 | **las marcas del agua** | relaciones de convivencia

las geografías de Mercadal

- 12 | situación
- 12 | emplazamiento
- 14 | asentamientos urbanos
- 14 | cualidades arquitectónicas y urbanas

la construcción del territorio

- 18 | el paisaje de Mercadal
- 20 | la forma urbana en el territorio
 - análisis 1861
 - análisis 1956
 - análisis actual

el territorio Mercadal en transformación

- 25 | inauguración red de agua y alcantarillado: es Mercadal 1985
- 26 | agua y vegetación: Torrent de l’Arpa
- 29 | lugares de oportunidad: itinerarios de desarrollo

III. RECURSOS HÍDRICOS

consideraciones hídricas e hidráulicas de la cuenca Mercadal

la geofísica de la cuenca

- 33 | la hidrogeofísica de la cuenca de captación
 - el valle Mercadal y su clima
 - lluvia torrencial 2011
- 35 | modelado digital con sistemas de información geográficas
 - rellenado del modelo digital de elevación (MDE)
 - direcciones y acumulación de flujo
 - definiciones de las corrientes y segmentación
 - delineación de las subcuencas
 - agrupado de las subcuencas
 - características de Cauces y Subcuencas
 - usos y cubierta del suelo

parámetros geofísicos e hidrológicos

- 39 | parámetros geofísicos e hidrológicos
- 40 | interpretaciones del análisis de captación

el estudio hidrológico

- 43 | obtención de la lluvia de diseño
- 45 | modelado hidrológico mediante HEC-HMS
- 46 | análisis de resultados

el estudio hidráulico

- 49 | modelado hidráulico mediante HEC-RAS
- 51 | secciones longitudinales y transversales por tramos

IV. PAISAJES DEL MANEJO HÍDRICO

propuestas para una gestión del territorio con criterios y objetivos hídricos y paisajísticos

la estrategia: Mercadal, el paisaje del manejo hídrico

- 61 | la estrategia
- 62 | integrando enfoques
 - enfoque hídrico
 - enfoque ecológico
 - enfoque social
- 63 | Mercadal paisaje del manejo hídrico
 - balsas de captación
- 65 | actuaciones propuesta general: recuperación del torrente
 - tramo alto Mercadal
 - tramo medio Barbatx
 - tramo medio Lluriac-Cavalleria
 - tramo bajo Lluriac y Cala Tirant

la gestión: almacenamiento y manejo de balsas para la rehabilitación del ecosistema

- 73 | la rehabilitación del ecosistema Mercadal
- 74 | evaluaciones de adaptación: régimen de lluvias
 - cambios en la frecuencia e intensidad de lluvias
 - datos sobre la oferta y la demanda de agua
- 75 | gestión de las balsas: almacenamiento y manejo del agua
- 78 | los retos

la recuperación del torrente tramo es Mercadal: la rambla del agua

- 81 | la nueva espacialidad del torrente tramo es Mercadal
 - el parque lineal Mercadal
 - la inserción del espacio público en el territorio ecológico
 - la dinámica fluvial: captación escorrentías superficiales y el ecosistema de ribera
- 82 | Es Mercadal: el proyecto de la rambla del agua
 - la continuidad del agua y la vegetación
 - los usos y la funcionalidad
 - accesibilidad y relación con la ciudad
- 85 | estructura de la rambla del agua
 - síntesis del sistema de agua
 - síntesis del sistema de vegetación
- 89 | **planta** | la rambla del agua
- 90 | **sección S1** | la rambla del agua
- 91 | **sección S2** | la rambla del agua
- 92 | **sección S3** | la rambla del agua
- 93 | **sección S4** | la rambla del agua
- 94 | **sección S5** | la rambla del agua
- 95 | **sección S6** | la rambla del agua
- 96 | conclusiones

V. CONCLUSIONES

- 101 | conclusiones

VI. BIBLIOGRAFÍA

- 104 | bibliografía

introducción

pp
02 marco de estudio
03 resumen

marco de estudio

El pasado reciente y el no tan reciente de Menorca, pone de manifiesto el importante papel del agua en una cultura de aprovechamiento ante un recurso escaso. La población de es Mercadal y al parecer desde tiempos prehistóricos, se ha abastecido a partir de la recogida del agua de lluvia con la construcción de cisternas y aljibes, además de las aguas subterráneas extraídas mediante la perforación de pozos, de excesiva proliferación a partir de la segunda mitad del siglo pasado. En la actualidad la extracción intensiva de las aguas subterráneas, ha hecho descender el nivel freático más allá de los 6 m (de media en la isla en los últimos treinta años y unos 9-10 m en las zonas de levante y centro), debido al aumento de la población, el turismo y la intensificación de la agricultura extensiva, pero sobre todo debido al declive de la cultura del agua y con la llegada del abastecimiento del agua de red como solución técnica rápida.

En cambio parece que las *aguas superficiales de la isla no han sido objeto de excesiva atención, a pesar de que están muy ligados los procesos hidrológicos cercanos a la superficie con las aguas subterráneas*. La isla carece de aguas superficiales de importancia y sus torrentes y fuentes aprovechables, parecen que han dejado de ser vistos *no solo como recurso sino también como vehículo ambiental*¹. Sin embargo en la construcción del territorio de es Mercadal, se puede decir que el agua representa un importante modelo tradicional en la planificación de la ciudad. La situación de las casas, los huertos urbanos, los cultivos y prados, se puede afirmar que están influenciados por la disposición de la recursos hídricos además de por su valor ambiental y de protección frente al riesgo de inundación.

Pero está habiendo un cambio radical en las sensibilidades y enfoques. El valor cultural histórico del agua todavía permanece en la memoria y la vida de los ciudadanos, quienes anhelan vincularse a su entorno como antes. En es Mercadal, la demanda de agua supera ya, o amenaza sobrepasar, los niveles sostenibles de suministro, es necesaria la recuperación de la cultura del agua para la transformación del territorio.

¿Sabremos adaptarnos al entorno, como antes entendíamos en el pueblo, en este nuevo cambio de modelo hídrico? ¿Cómo recuperar e inventar paisajes que abastezcan del recurso esencial, el agua, y permitan mejorar la cualidad estética, ambiental y ética de nuestro entorno físico?

Esta tesina aporta como reflexión a estos problemas enunciados, la presentación o afirmación de un nuevo modelo hídrico, en este nuevo paisaje del manejo hídrico, que ayuda a dar consistencia y valor a nuevas propuestas de recuperación y transformación para impulsar el desarrollo sostenible del territorio.

Se trata de una estrategia de manejo hídrico y paisaje, pues mediante el control y gestión de balsas de captación de aguas de escorrentía (aprovechando las torrenciales pero escasas precipitaciones), la inserción del espacio público y una trama social organizada se gestiona el ecosistema Mercadal. Nos interesan los ecosistemas que ponen en relación el máximo de los elementos posibles del sistema especialmente entre personas, recursos y hábitats, propiciando el mayor número de intercambios que estimulan y benefician la relación existente entre ellos beneficiando a la totalidad del sistema.

En definitiva se trata de promover investigación científica y comunidades públicas del agua para impulsar el desarrollo sostenible, a partir de tecnología adecuada y estrategias de manejo ambiental. Se requiere por tanto, una participación más amplia de las partes interesadas y transparencia para desarrollar apoyo, en favor de compartir el reto y los beneficios de los impactos del cambio de modelo hídrico. *Ir más allá de una solución técnica rápida, más allá de tuberías, bombas y desalinización, mediante la movilización de un amplio proceso social.*



¹ Prat, N., catedrático de ecología de la UB y director del grupo de investigación group Freshwater Ecology and Management (FEM), especializados en temas de ecología de ecosistemas acuáticos continentales, sean lagos, lagunas, pantanos o ríos, y en la aplicación de estos estudios en su conservación y gestión.

"El agua es un recurso limitado e indispensable para la vida. Pero también es mucho más que eso. Gestionar y conservar los recursos hídricos es un gran desafío para cualquier sociedad, y no siempre se consigue." ... "La materia básica es la misma: que la gente entienda que el agua no es solo un recurso sino también un vehículo ambiental." ... Entrevista realizada por la Universidad de Barcelona y cedida para su publicación a iAgua.

Referencias a imágenes. En adelante, la fuente de las imágenes y gráficos se incluirán entre paréntesis junto a su título, cuando no sean de elaboración propia.

De superior a inferior:

Posible inauguración de un pozo (principios de 1900).

Mercadal calle del torrente (1911).

Paisaje urbano es Mercadal (1910).

Es Mercadal, 1915. Fotógrafo: Josep Salvany. Colección Jaume Serra Marqués. (<http://menorcaimatgesdenprimer.blogspot.com.es/>).



Referencias a imágenes. En adelante, la fuente de las imágenes y gráficos se incluirán entre paréntesis junto a su título, cuando no sean de elaboración propia.

Paisaje Mercadal y el viento de Tramuntana [2014]. AEMA.

La **hipótesis** que ofrece esta investigación es la gestión y diseño del ecosistema fluvial es Mercadal, como lugar de mejores prácticas ambientales que puede renovar e intensificar sus relaciones e intercambios con el paisaje a través del agua superficial. Poder avanzar en el proyecto de lugares singulares e infraestructuras hídricas de relación desde el sentido ecológico y social para recuperar lugares olvidados con relaciones nuevas.

Nos interesan, por tanto, las aguas superficiales, los procesos de escurrimiento superficial, el almacenamiento y manejo del agua, planteando un cambio de modelo hídrico para la cuenca de estudio Mercadal, de la isla de Menorca. La propuesta del modelo hídrico es aplicable a toda la isla y muy especialmente a las cuencas con acuífero porque permiten recuperar caudales de aguas superficiales y subterráneas. Se apuesta por ideas innovadoras junto con el conocimiento del modelo tradicional para buscar la gestión integral del agua, en un enfoque que considera capturar una serie de procesos y acciones que actúan en la gestión de la oferta (entradas) y demanda (salidas) del agua.

Este **enfoque** se dirige simultáneamente sobre *dos sistemas distintivos que forman el paisaje del manejo hídrico para es Mercadal*, los factores relacionados al **sistema biofísico y ambiental delinean la demanda de agua**, (a través de la fijación de estímulos para la recuperación y reciclaje del agua), la disponibilidad de la continuidad del agua durante el periodo de lluvia de la isla de Noviembre a Mayo y su movimiento a lo largo de toda la cuenca de es Mercadal, los factores relacionados al **sistema de manejo socioeconómico delinean la manera en que el agua disponible es almacenada, asignada, regulada y entregada dentro de la cuenca o fronteras de cuencas como la de Montpalau, para la restauración de un "río estacional" o el abastecimiento de agua agrícola**.

El nuevo modelo hídrico, se basa en un ciclo hidrológico intensificado, lo cual significa un desafío a partir del manejo de balsas de agua a lo largo de la cuenca de es Mercadal, para obtener un intercambio entre el almacenamiento de agua, procedente de las escorrentías de lluvias torrenciales de la isla, y la evacuación de estas balsas que actuarían como los reservorios que garantizan mantener un caudal continuo para la restauración del torrente de es Mercadal, durante el período de lluvia de la isla. Estos reservorios son calibrados para manejar

una cierta cantidad de variabilidad del caudal, muy valorada desde el punto de vista ecológico y de la biodiversidad, determinada a partir de un registro histórico relativamente nuevo desde el año 75. Se manejan ciertos márgenes en el almacenamiento, por si la variabilidad de la precipitaciones aumenta, algo esperado con el cambio climático, de forma que las balsas pueden resultar de tamaño suficiente para cumplir con las demandas de restauración del torrente, pero también se puedan equilibrar con la demanda de consumo para el abastecimiento de agua agrícola sobre todo durante el periodo seco, de Junio a Septiembre, o servir como dispositivos de protección de inundaciones.

La **metodología**, se ha basado en un conocimiento personalizado del territorio, donde las escalas de trabajo y las formas de aproximación son diversas, variando y ajustándose en cada área de estudio (todo el torrente Mercadal o por tramos, en más detalle el tramo es Mercadal). Para ello se ha considerado necesario analizar y comprender las dinámicas del territorio y su cultura del agua, planteando propuestas para revitalizar el tramo es Mercadal y pautas generales para el resto de tramos. Todas ellas deben ser entendidas como secuencias de enfoques complementarios que nos ayudan a comprender la totalidad del sistema, con estrategias a corto plazo, para el tramo es Mercadal desarrolladas en esta tesina, y a medio y largo plazo solamente esbozadas.

Planteamos la justificación de la operación de estas estructuras hidráulicas, balsas de reserva, como parte del estudio de esta tesina, evaluar si son opciones viables desde el punto de vista del agua obtenida, para cubrir la demanda que permitirían tanto las funciones hidráulicas de restauración del torrente como las funciones ambientales desde la preservación de ecosistemas, durante el período de lluvias combinada con la asignación de cierto abastecimiento de agua agrícola durante el periodo seco. El nuevo modelo hídrico propone el análisis integrado de los sistemas naturales y los sistemas operacionales para procurar equilibrar el agua para necesidades ambientales o el agua para uso de riego de cultivos que suponen indiscutiblemente un enfoque más útil.

Proponemos por tanto con esta investigación, la integración de la gestión hídrica, como práctica de aproximación desde la ingeniería, por tanto añade

carácter científico, clave para el planteamiento y la viabilidad del nuevo modelo hídrico, con la gestión del paisaje y la inserción del espacio público, análisis y propuesta por medio de la arquitectura y el urbanismo, que recoge el conocimiento tradicional y una interpretación del territorio para el pueblo es Mercadal y sus áreas de influencia aguas arriba y aguas abajo que busca recuperar y transformar su paisaje. Esta integración desde el agua permite obtener un modelo ejemplar de coexistencia, entre dos sistemas distintivos paisaje y manejo hídrico basado en la sostenibilidad.

En lo que respecta a la gestión del paisaje, el análisis actual del territorio de Mercadal y su posible futura proyección, ayudarán a la fijación de estímulos para la recuperación del paisaje y reciclaje del agua, *“entendido no solo como recurso sino también como un sistema vivo, que aporta unos servicios ambientales que debemos saber valorar”*². Proyectamos la restauración el torrente Mercadal, con mayor detalle a su paso por el pueblo de es Mercadal, aprovechando las infraestructuras preexistentes, especialmente mediante su re-naturalización, la regeneración de sus riberas, (que ha estado presente en el pasado de es Mercadal y todavía se encuentran ejemplos en algunos lugares), lo que significa trabajar en la vegetación, un bosque de ribera y un camino natural para residentes y visitantes, buscando un equilibrio entre la re-naturalización del torrente, la explotación agrícola (de huertos y cultivos) con las variedades locales recuperados por la agricultura ecológica, y las necesidades de espacios de calidad para la ciudadanía. La propuesta de este conector biológico, es además conector de accesibilidad a la gente que podría pasear por él y disfrutar del borde del torrente desde el monte del Indiu hasta la marisma del Lluriac hasta llegar a su desembocadura en la playa del Tirant, en un corredor de conectividad ambiental de 10,5 kilómetros de recorrido.



² Prat, N., catedrático de ecología de la UB y director del grupo de investigación group Freshwater Ecology and Management (FEM), especializados en temas de ecología de ecosistemas acuáticos continentales, sean lagos, lagunas, pantanos o ríos, y en la aplicación de estos estudios en su conservación y gestión. Entrevista realizada por la Universidad de Barcelona y cedida para su publicación a iAgua.

Referencias a imágenes. En adelante, la fuente de las imágenes y gráficos se incluirán entre paréntesis junto a su título, cuando no sean de elaboración propia.

Vista Mercadal desde Monte Toro, principios de 1900. (<http://menorcaimatgesdenprimer.blogspot.com.es/>).

la cultura del agua

consideraciones del paisaje, agua y espacio urbano de Mercadal

└ las marcas del agua

pp |
09 | **las marcas del agua** | relaciones de convivencia

las marcas del agua

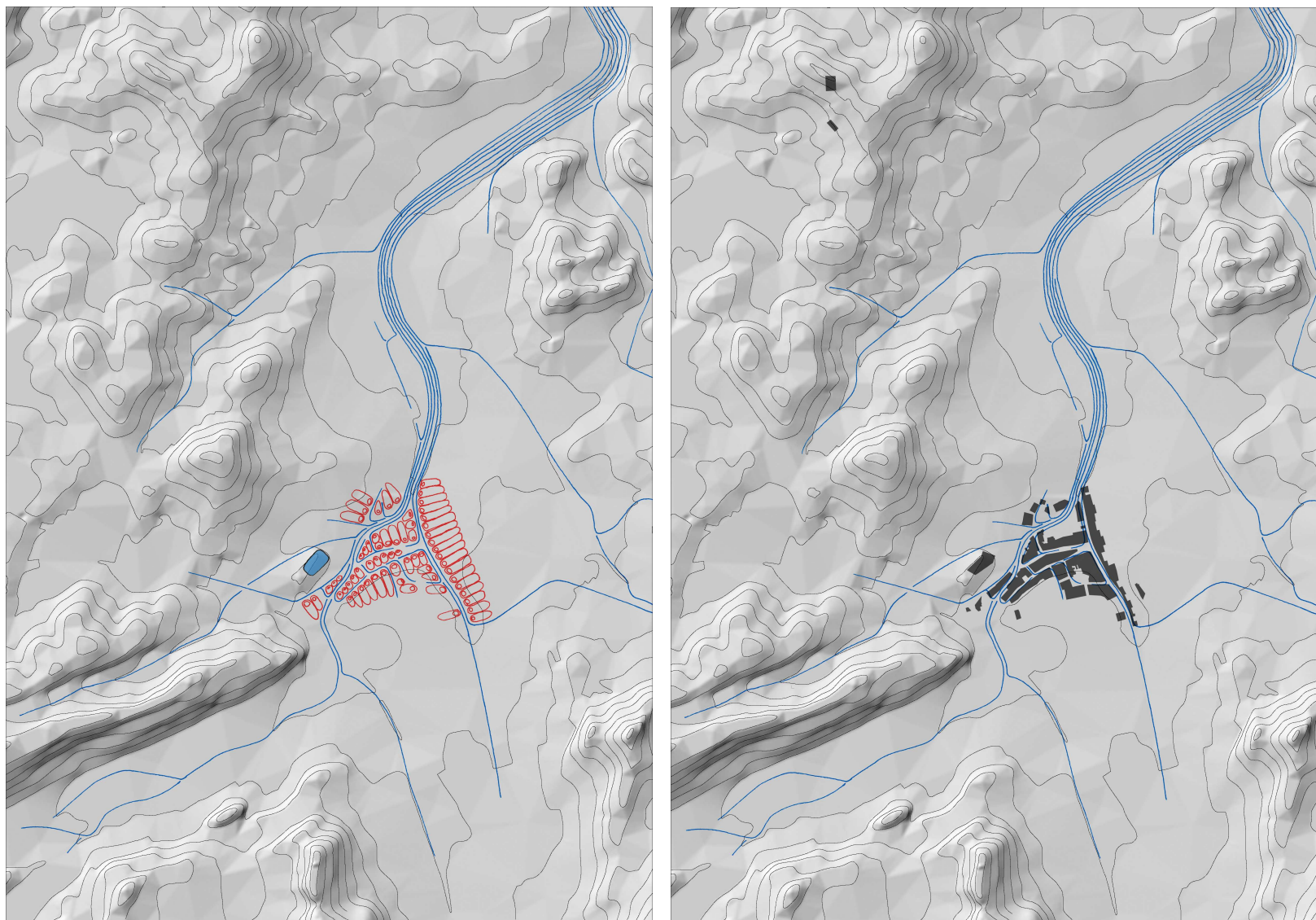
relaciones de convivencia

Para es Mercadal y sus habitantes la principal preocupación siempre fue la obtención y la gestión del agua, recurso esencial y escaso. Es Mercadal se encuentra en una zona seca y bajo un clima mediterráneo; tiene poca agua y mal repartida en el tiempo. Esto llevó a tres ejes de trabajo: la captación la más eficiente (y variada) posible, el almacenamiento y el gasto razonable y razonado.

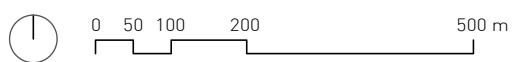
A semejanza de los arrecifes de coral que estaban perfectamente adaptados a su entorno y vivían en simbiosis¹ y equilibrio con él, y de la misma forma que ahora estos arrecifes están en peligro de extinción porque modificamos brutalmente este entorno, es Mercadal era un sistema extremadamente adaptado a su entorno y que ahora sufre de los bruscos cambios que se le han sido impuestos en las últimas décadas. Todavía es tiempo para recuperar esta humilde sabiduría, para readaptar es Mercadal a su entorno, para reencontrar un equilibrio entre recursos disponibles y actividades desarrolladas, para relajar los vínculos entre el pueblo, sus habitantes y su territorio.

Hoy el paisaje sigue marcado por los tradicionales sistemas de organización de la rotación de los cultivos, de gestión del ganado y de los espacios de pasto, de recolecta de las aguas torrenciales y de lluvia. Esta gestión y organización² del territorio y de los recursos se apoyó en una red de muros que sigue conformando un gran mosaico, un elemento importante de proteger y recuperar (tanto por su aspecto patrimonial y cultural como por su aspecto tecnológico sostenible-tradicional), que será una de las bases en las cuales se podrá elaborar una estrategia sostenible para el futuro de es Mercadal.

Volviendo a la metáfora de los corales, de la misma forma que cada uno de los distintos organismos que conforman una "rama" de coral es autónomo pero es también participe de un sistema mayor del cual se beneficia, en es Mercadal elementos autónomos (las familias) disponían de sistemas independientes (captación de las aguas de lluvia en los tejados y cisternas para almacenarla, huertos regados con esta agua y en parte fertilizados por los residuos producidos por la propia familia, pozos para el agua de boca) a la vez que compartían infraestructuras comunes (emplazamiento en un punto de la cuenca que permite aprovechar al máximo las estacionales aguas de los torrentes, una red de calles que las reparte dentro del pueblo, un gran canal de



1 Esquema de organización del espacio es Mercadal 1861. (A partir de la cartografía histórica de Miquel Solà 1861). Utilizando la metáfora de los corales cada unidad de vivienda y su huerta por agregación forman tejido urbano siguiendo las trazas del agua, como organismos que conforman una "rama" de coral. Cada elemento es autónomo pero a su vez, forma parte de la totalidad del sistema utilizando la energía y circulación del agua para la disposición del recurso en sus diversos usos.



2

2 Esquema de organización del espacio es Mercadal 1956. [A partir de la cartografía existente 1956, vuelo americano]. Utilizando la metáfora de los corales cada unidad de vivienda y su huerta por agregación forman tejido urbano siguiendo las trazas del agua, como organismos que conforman una "rama" de coral. Cada elemento es autónomo pero a su vez, forma parte de la totalidad del sistema utilizando la energía y circulación del agua para la disposición del recurso en sus diversos usos.

recogida y evacuación del agua de escorrentía, un macro sistema de captación de aguas pluviales, una fuente pública, una organización de la colecta y del reaprovechamiento de los residuos), y es la superposición de estas dos capas que permitía crear un conjunto coherente y eficiente.

Hoy, para reemprender el camino de un uso razonable y razonado de los recursos disponibles in-situ, y especialmente del agua, un estudio de la estructura hídrica del territorio es el primer paso necesario. Entonces se trata de entender como desaguan los torrentes a través de los campos y del pueblo, de entender el papel de los muros de piedra seca que organizan el territorio, de entender como la vegetación se organiza en el paisaje y en relación con las estructuras tradicionales, y así finalmente de reaprender donde están los recursos y cuáles son los medios de aprovecharlos.

¹Margalef, R. (1991). En los márgenes de los sistemas ecológicos. Notas de una conferencia. "...Este grado de simbiosis, este grado de explotación, en los corales de las algas, ha llegado hasta el punto que no tienen que comerlas sino que podríamos decir que las ordeñan; la utilización de la energía solar ha sido internalizada totalmente dentro de las ciudades de los corales, por lo tanto utilizan la energía solar para la producción de su alimento y la misma forma organiza o dirige de alguna manera la circulación del agua para aportar los elementos nutritivos que hacen falta para el crecimiento total el conjunto..."

² Margalef, Ramón (1991). En los márgenes de los sistemas ecológicos. "...la mayor parte de las personas que se ocupan de la planificación, construcciones, transportes, etc., buscan muy poco su inspiración en la naturaleza, sin embargo, en ella se puede encontrar una gran cantidad de inspiraciones; tenemos los mismos problemas....

...Desde el punto de vista de organización del espacio, están aquellos organismos, aquellas cúspides de la evolución que se han planteado los mismos problemas y los han resuelto de manera parecida; éstos son nada menos que las plantas terrestres y las corales..."

Estos fragmentos forman parte de la conferencia realizada por Ramón Margalef dentro del ciclo de tópicos singulares del curso 1991, celebrado en el antiguo teatro de la Casa de Caritat. Revista Urbanisme nº 7.

└ **las geografías de Mercadal**

pp |
12 | situación
12 | emplazamiento
14 | asentamientos urbanos
14 | cualidades arquitectónicas y urbanas



1



2

1 Vista del valle Mercadal dede Monte Toro. (Wikipedia).

Perímetro máx. zona de inundación temporal = 193 m

2 Vista del Valle Mercadal. (Ajuntament es Mercadal). Paisaje del valle junto al pueblo de es Mercadal en la que podemos distinguir al fondo Monte Toro y abajo Monte Indiu. La imagen caracteriza los campos agrícolas del paisaje rural de Menorca.

¹Vidal, Tomás. La casa rural y la arquitectura tradicional menorquinas.

El *lloc* es una explotación agraria característica de la isla. Es una explotación mediana o grande -en general de 10 a 250ha.- explotada, en régimen de aparcería, por una familia bajo la responsabilidad del cabeza de la misma o l'amo con la cooperación de su esposa, hijos y otros parientes y algún empleado fijo.

situación

El área de estudio abarca la cuenca de Mercadal, situada en el centro de la isla de Menorca con una extensión de 3.371,09 ha., abarcando longitudinalmente un territorio que va desde el pueblo de es Mercadal hasta las proximidades del pueblo de Fornells situado en la costa norte.

Con el fin de dar una visión conjunta del ámbito geográfico de dicho territorio, se ha seleccionado un marco más amplio que nos permite emplazar con claridad los aspectos más significativos de su paisaje. La traza natural del torrente Mercadal es el eje principal del ámbito de estudio y transversalmente produce relaciones entre los distintos elementos del territorio. Esta parte de investigación se centra en la relación agua-ciudad como mecanismo de organización del espacio y su paisaje.

El plano de situación muestra los asentamientos sobre el encuadre geográfico que le da soporte, cartografía realizada a partir del planeamiento municipal vigente (última modificación 2008).

emplazamiento

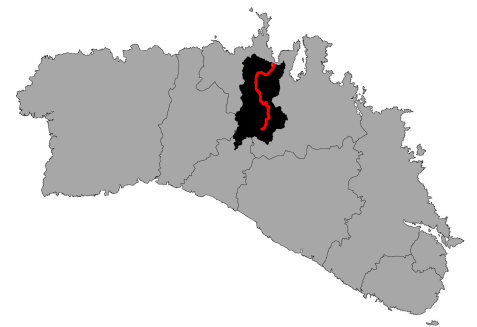
El principal asentamiento urbano se emplaza en la inflexión topográfica del valle en la falda de Monte Toro, de un enorme protagonismo paisajístico y el punto más elevado de toda la isla con una elevación de 350 m. aprox. donde se cruzan los principales caminos que van de este a oeste y de norte a sur. Este pueblo es Mercadal, se funda a principios del siglo XIV y es uno de los pueblos más antiguos de Menorca sus orígenes se remontan a la conquista de Menorca por el rey Alfonso II de Aragón en 1287.

Aquí se ha querido mostrar la forma urbana de es Mercadal y su configuración territorial, destacando los asentamientos y los caminos históricos que la ponían en relación con toda la isla. También podemos observar por contraste, los crecimientos urbanos recientes, así como las nuevas infraestructuras viarias. Los alrededores del pueblo estuvieron ocupados desde hace un tiempo hasta la actualidad por fincas rurales, por lo cual Mercadal tuvo durante siglos su principal fuente de recursos en la agricultura y la ganadería.

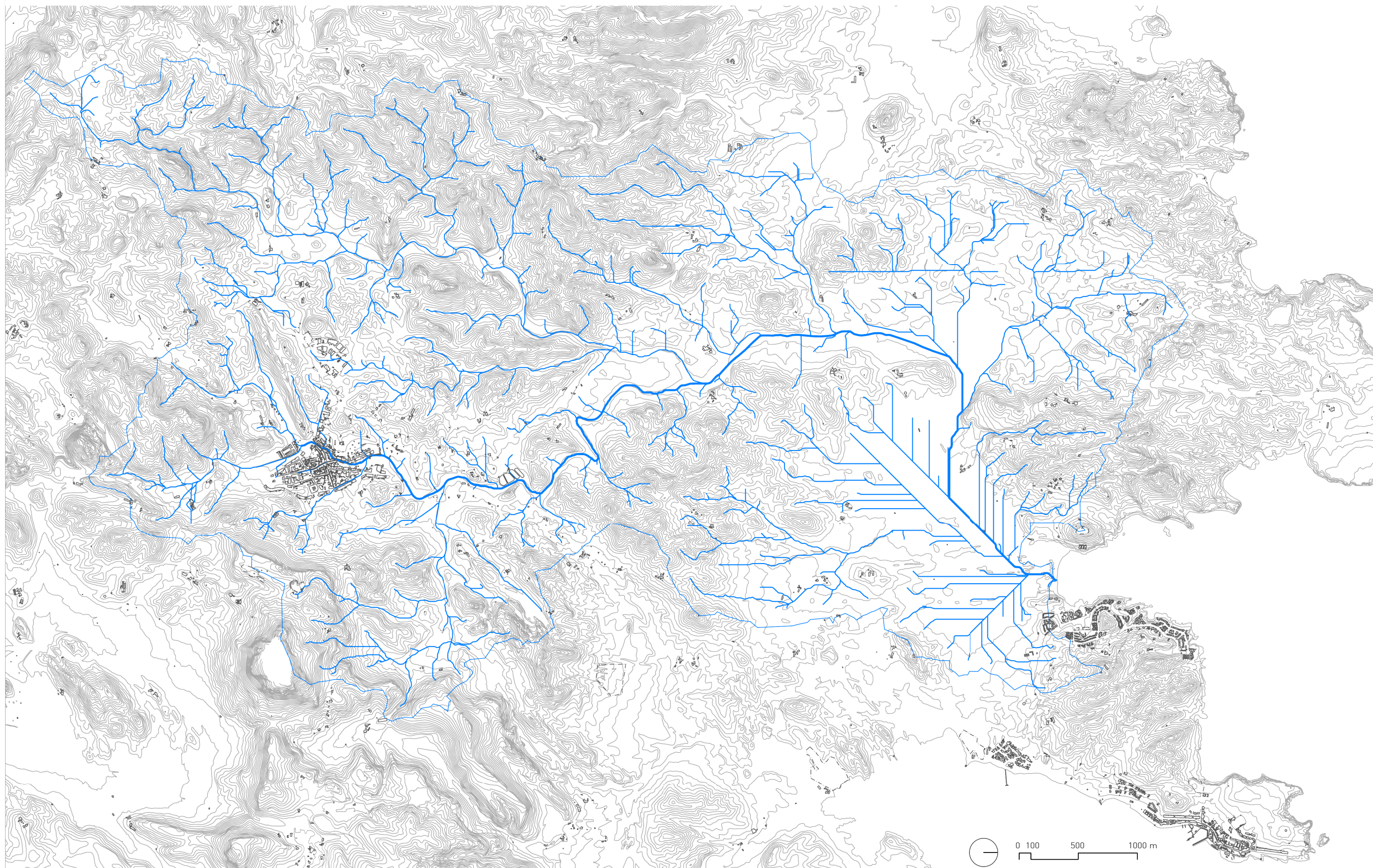
Con esta imagen se pretende conseguir relacionar los espacios urbanos y los rurales. Se puede observar como los asentamientos rurales de las casas agrícolas *llocs*¹

las geografías de Mercadal

se sitúan dispersos, como resultado de la ocupación individualizada del territorio rústico, en relación a la urdimbre creada por los caminos y la parcelación histórica sin una clara relación con el agua. Quizás debido a que se abastecían de aguas obtenidas mediante la perforación de pozos y construcción de aljibes. No así el asentamiento urbano es Mercadal situada en las faldas del valle, con orientación sureste con una posición más llana y extensa que le permite partir el suelo con formas más alargadas, estrechas y direccionadas hacia el torrente Mercadal, del que se abastecía para el riego de huertos proporcionándole suelos fértiles, posibilidad de drenaje, vistas y humedad. Los factores climáticos si que tiene influencia en lo que respecta a los asentamientos sean urbanos o rurales la fachada principal siempre está orientada en dirección sur, aunque con desviaciones hasta 30º hacia el E o el O, por exigencias topográficas o la búsqueda de vistas. Los motivos han podido ser por protección frente al viento de *Tramuntana* y también orientación solar.



situación





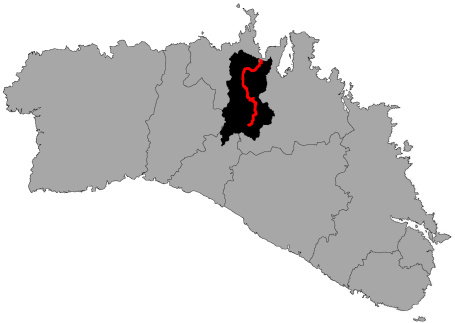
1 Vista de pájaro del pueblo es Mercadal. (Ajuntament es Mercadal). El emplazamiento del pueblo se produce en el valle separado de la costa, protegiéndose de los vientos de Tramuntana, encajándose a lo largo del torrente (a la izquierda) en contacto directo con suelos fértiles. Este canal o vía de drenaje (evacúa también el agua de sus calles como la del carrer Nou en el centro de la imagen), son los espacios que configuran al pueblo en su relación geográfica con el entorno inmediato.

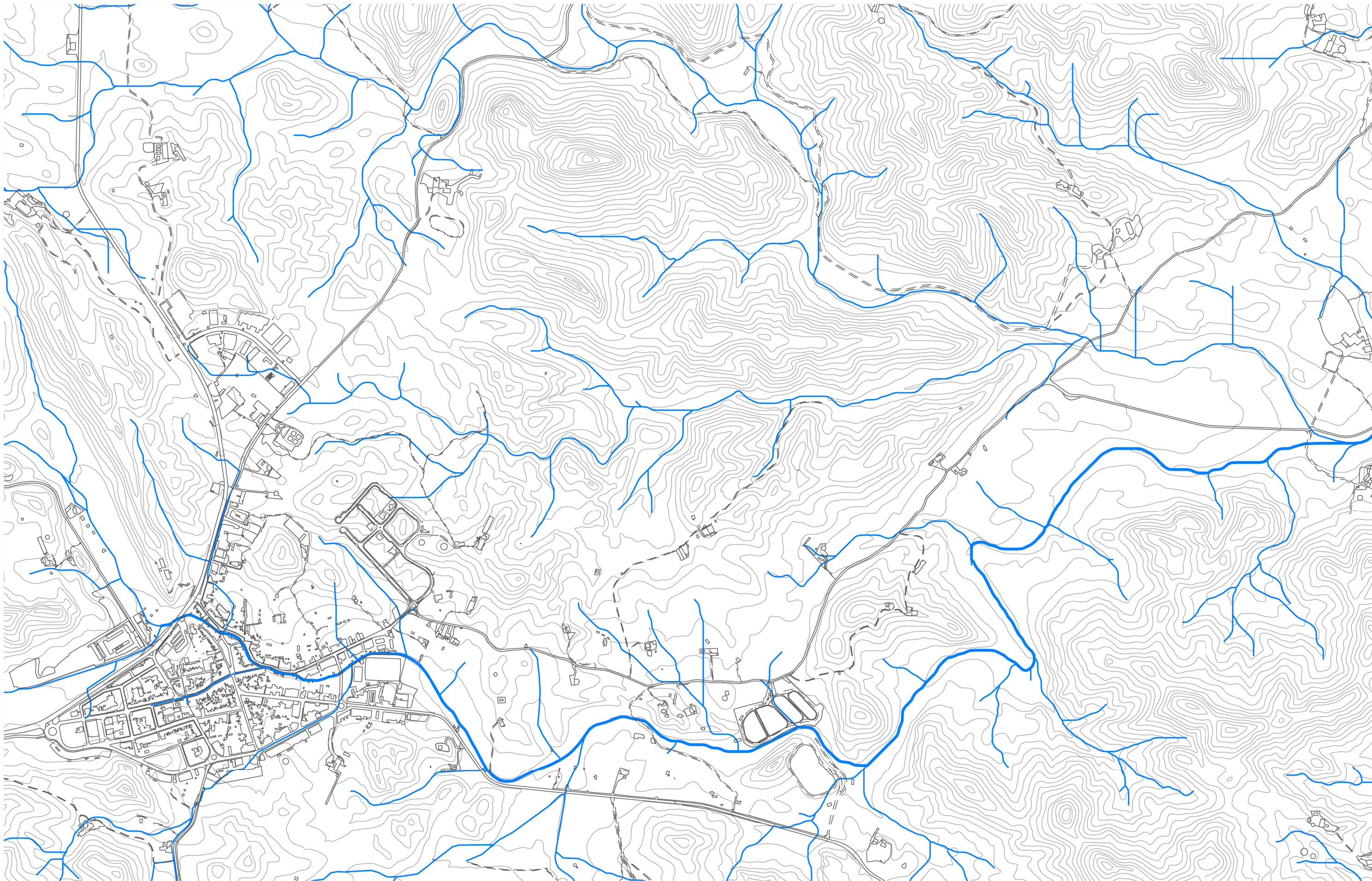
asentamientos urbanos

La gestión del agua a su paso por es Mercadal, ha estado tradicionalmente enfocada a potenciar la agricultura, cumpliendo también la función esencial de vía de desagüe de las avenidas extraordinarias, evitando de esta forma los problemas de inundaciones, cuyo control permitía el aprovechamiento intensivo de las márgenes. La margen izquierda del torrente se inundaba para consumo agrario (fincas agrarias de regadío), mientras que en su margen derecha se coloniza con el barrio, de forma que el parcelario se dispone en bandas estrechas transversales al torrente, que permitían extraer el agua del torrente para el consumo de los huertos domésticos de las casas.

cualidades arquitectónicas y urbanas

Así es Mercadal se funda a lo largo del torrente, las aguas superficiales de escorrentía son dirigidas y controladas en su cauce, propiciando la existencia y el funcionamiento de un asentamiento urbano. A lo largo de sus bordes, la vida: la calle de encuentro, la agricultura, el riego de los jardines y huertos domésticos. Todas estas actividades eran posibles gracias al curso del agua torrencial, confiriéndole carácter de centralidad y cotidianidad. En épocas más recientes (desde el 85), con la llegada del suministro de agua de red, se han perdido lógicas eficientes en el uso del agua, limitándose la infraestructura hidráulica a su paso por es Mercadal a la función de protección ante el riesgo de inundaciones, con lo que se ha perdido una serie de relaciones ecológicas e incluso sociales.





la construcción del territorio

pp |
18 | el paisaje de Mercadal
20 | la forma urbana en el territorio
 análisis 1861
 análisis 1956
 análisis actual



1

Cuando analizamos el paisaje de Mercadal a lo largo de su historia, nos encontramos cuatro elementos fundamentales, las parcelas, paredes de piedra seca, fondo y caminos o corredores que conectan el paisaje.

Estos elementos constituyen la estructura formal de su paisaje, su identidad y valores patrimoniales. Las parcelas orientadas siguiendo el curso fluvial, son principalmente de dos tipos según su uso; unas de formas heterogéneas y distribución irregular, dividen suelos para usos agrícola y de pasto, configurando la trama más rural de cultivos y prados, las otras estrechas y largas entre muros de piedra seca, con fachada principal a la calle medieval y fachada trasera al torrente (gran canal de desagüe), son la lógica del tejido urbano de es Mercadal. Las viviendas de dos o tres alturas en un lugar donde los edificios se caracterizan por el anonimato, hechas sin arquitectos y urbanistas que ahora valoramos como patrimonio cultural. El huerto en fachada posterior, da sentido a la fachada trasera, contribuye a la vida del torrente y permite una iluminación natural más abundante en el fondo del edificio. Todas las casas que dan al canal tienen huerto, incluso las casas con organización en patio, tienen huerto central.

La retícula de paredes de piedra seca, como elemento de cierre entre cultivos y edificaciones con sus huertos, son las paredes medianeras que estructuran la propiedad y explotación de la tierra. Sobre esta estructura se organiza la cubierta vegetal, muy diversa en su composición siguiendo la matriz agroforestal, en la disposición mosaico y elemento lineal, muros de piedra seca y la red de caminos, creando un fondo con zonas más densas correspondientes a la zona altamente parcelada del núcleo urbano, muy distinto de la zona agrícola con un tapiz más fluido. Los caminos que atraviesan el fondo, se integran en esta estructura formal y ecológica, conectando unos elementos del paisaje con otros articulando las distintas tramas.



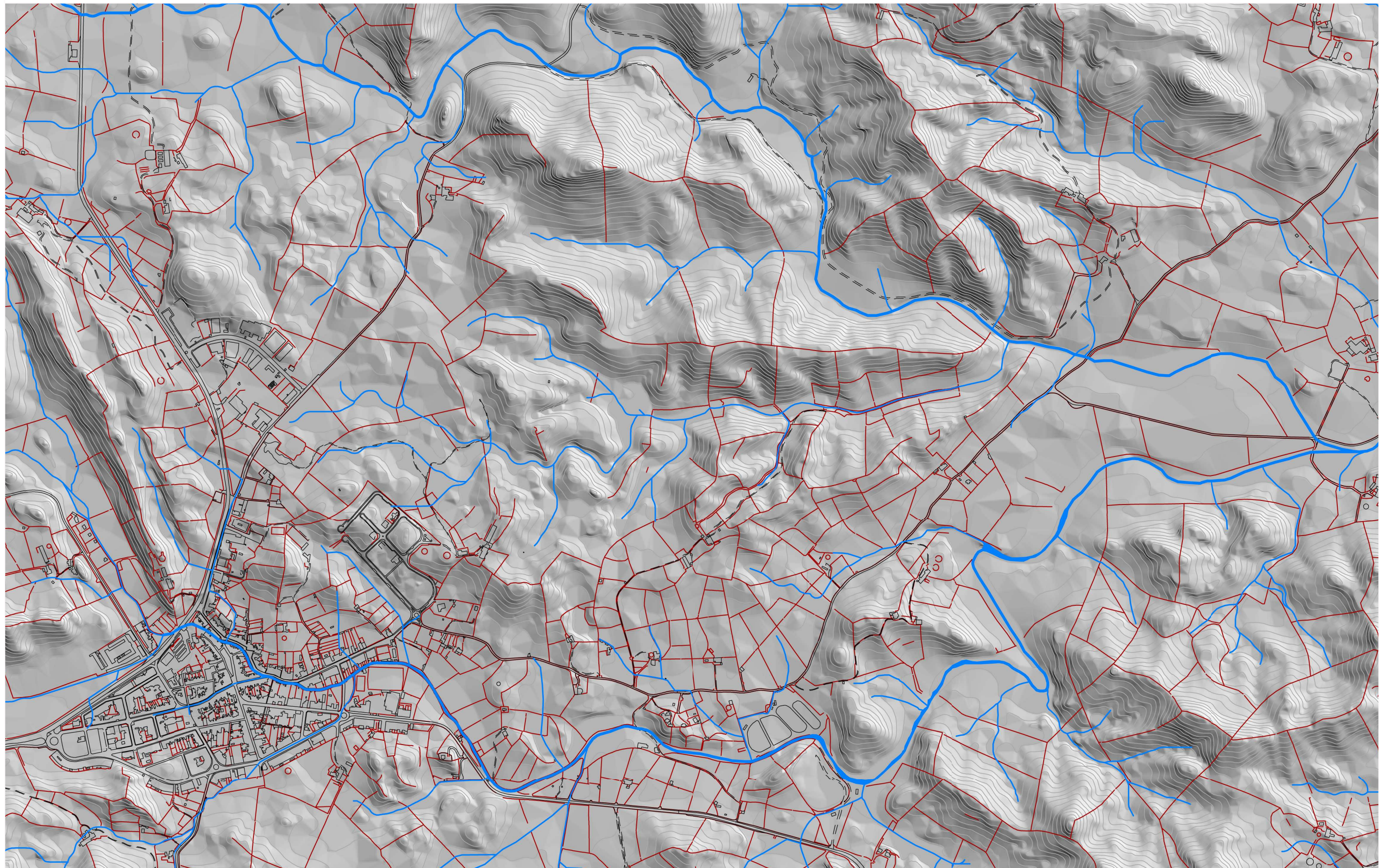
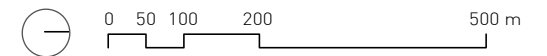
2

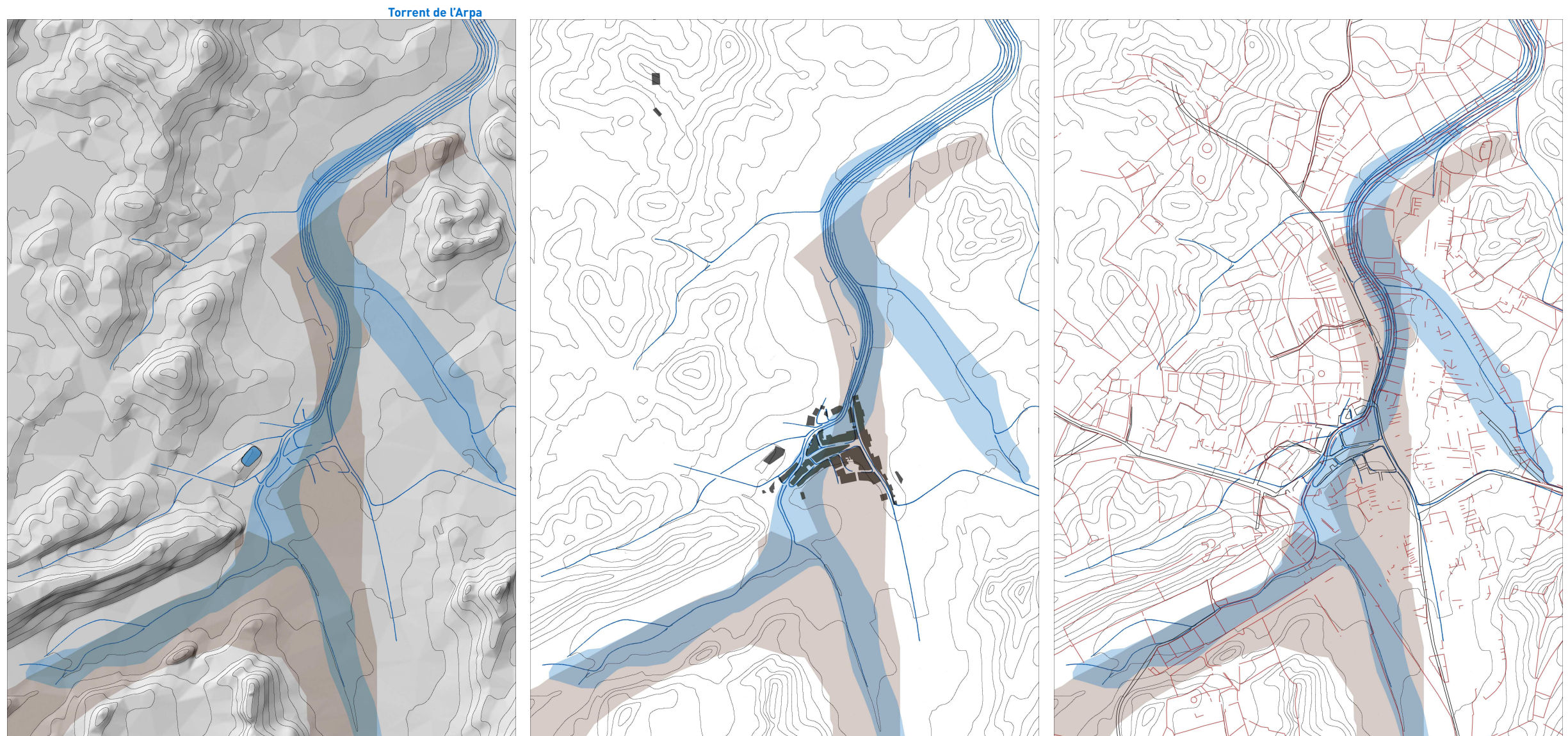
1 Vistas de parcelas rurales. En esta serie se identifican los cuatro elementos que estructuran el paisaje el relieve, las parcelas, paredes de piedra seca, y caminos.

2 Vista de parcelas urbanas Se puede observar las paredes de piedra seca, como elemento de cierre entre edificaciones con sus huertos, son las paredes medianeras que estructuran la propiedad.

El resultado es una rica trama de construcciones rurales y urbanas, tejidas a lo largo del gran canal (torrente de l'Arpa), integradas en el paisaje y situadas sobre tierras aluviales como lógica de construcción del territorio des Mercadal. Así, el pueblo es construido sobre una llanura aluvial, sobre un sedimento aluvial con la intención de aprovechar el suelo rico en limos depositado por el torrente, que le permitió la gestión de un sistema mixto pecuario y cerealista, gracias al aprovechamiento de un recurso esencial, el agua.

parcelas, paredes de piedra seca, fondo y caminos





1a Esquema de escorrentía sobre el relieve es Mercadal 1861.

Muestra la escorrentía del agua de lluvia y su evacuación a través del canal (Torrent de l'Arpa). El drenaje resulta determinante en el trazado del pueblo, la trama de calles mueve por gravedad el agua de lluvia hacia el torrente. También se sitúa el aljibe de Sir Richard Kane.

1b Esquema de escorrentía en relación a la edificación es Mercadal 1861.

Muestra la relación existente entre la forma del torrente y la forma urbana. La disposición del parcelario en bandas estrechas transversales al torrente, situadas sobre tierras aluviales y en zonas inundables, las edificaciones con fachada posterior con el huerto para inundar y extraer aguas por su relación directa con el torrente.

1c Esquema de escorrentía en relación a las parcelas, paredes de piedra seca y caminos es Mercadal 1861.

Con esta imagen podemos ver el entramado de caminos y carreteras que organizan la comunicación con otras extensiones compactas de la isla y con la edificación dispersa, asentamientos asociadas a parcelas agrarias *lloc*. En granate se grafía la retícula de paredes de piedra seca, elemento de cierre entre cultivos y edificaciones con sus huertos, son las paredes medianeras que estructuran la propiedad y explotación de la tierra.

¹El análisis del territorio se ha realizado a partir de cartografía histórica de Miquel Solà 1861, de las ortofotos del vuelo americano 1956 y la del 2002, la cartografía creada por el OBSAM (2002) y la realizada a partir del planeamiento municipal vigente (última modificación 2008).

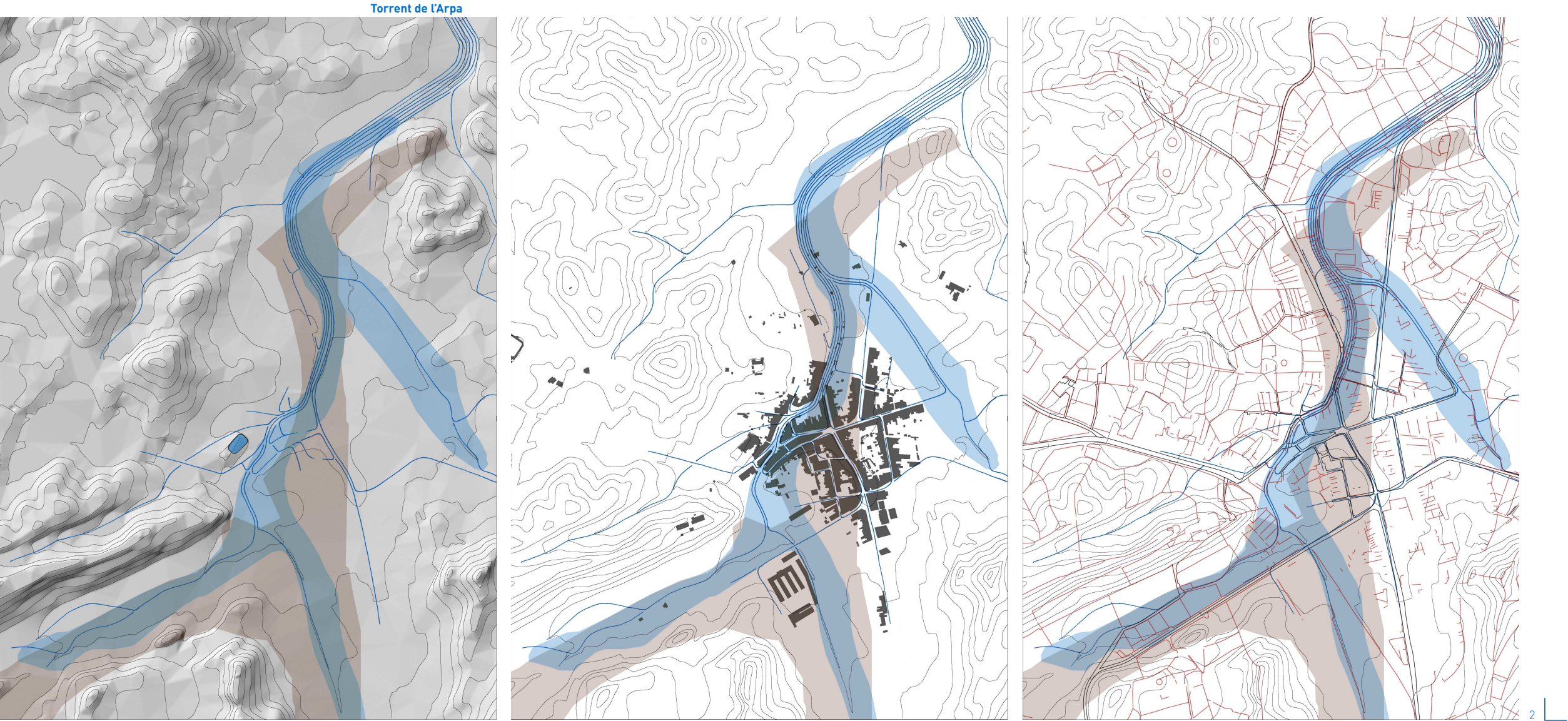
Este análisis parte de la investigación y recopilación de distintas fuentes de información como son libros, grabados, planos¹, fotografías, etc., apoyándonos principalmente en la cartografía histórica y actual tanto del pueblo como del ámbito de estudio. Como herramienta fundamental empleamos dos planimetrías básicas, la de 1861 y la de 1956 comparándolas en todo momento entre ellas así como en la cartografía actual creada por el OBSAM (2002) y la realizada a partir del planeamiento municipal vigente (última modificación 2008). El estudio de esta información no sólo nos permite entender la evolución urbana de la ciudad sino los cambios en las dinámicas presentes en la misma, pudiendo apreciar los distintos cambios de modelo ciudad-agua, permitiéndonos reconstruir es Mercadal a lo largo de su historia.

Del análisis realizado podemos apreciar como es Mercadal gestionaba el agua inundando los huertos y campos agrícolas creando gran cantidad de superficies filtrantes a partir de sus espacios verdes y luego evacuando el agua hacia el Torrent de l'Arpa. También se conectaba al torrente para coger agua y regar los huertos y jardines, propiciando un sistema abierto que permitía el aprovechamiento del recurso.

Mediante tres series de esquemas de escorrentías de pluviales, se relaciona el agua con la estructura formal del paisaje de es Mercadal, a partir de sus cuatro elementos fundamentales, las parcelas, paredes de piedra seca, fondo (relieve) y caminos o corredores que conectan el paisaje. Este análisis se realiza para el año 1861, 1956 y el actual .

la forma urbana en el territorio

análisis 1956



2a Esquema de escorrentía sobre el relieve es Mercadal 1956.

Muestra como el drenaje continúa siendo determinante en el crecimiento del pueblo, la trama de calles se articula a partir de la plaza del ayuntamiento con el carrer Nou como vía principal de evacuación. Riera que se convierte en calle.

2b Esquema de escorrentía en relación a la edificación es Mercadal 1956.

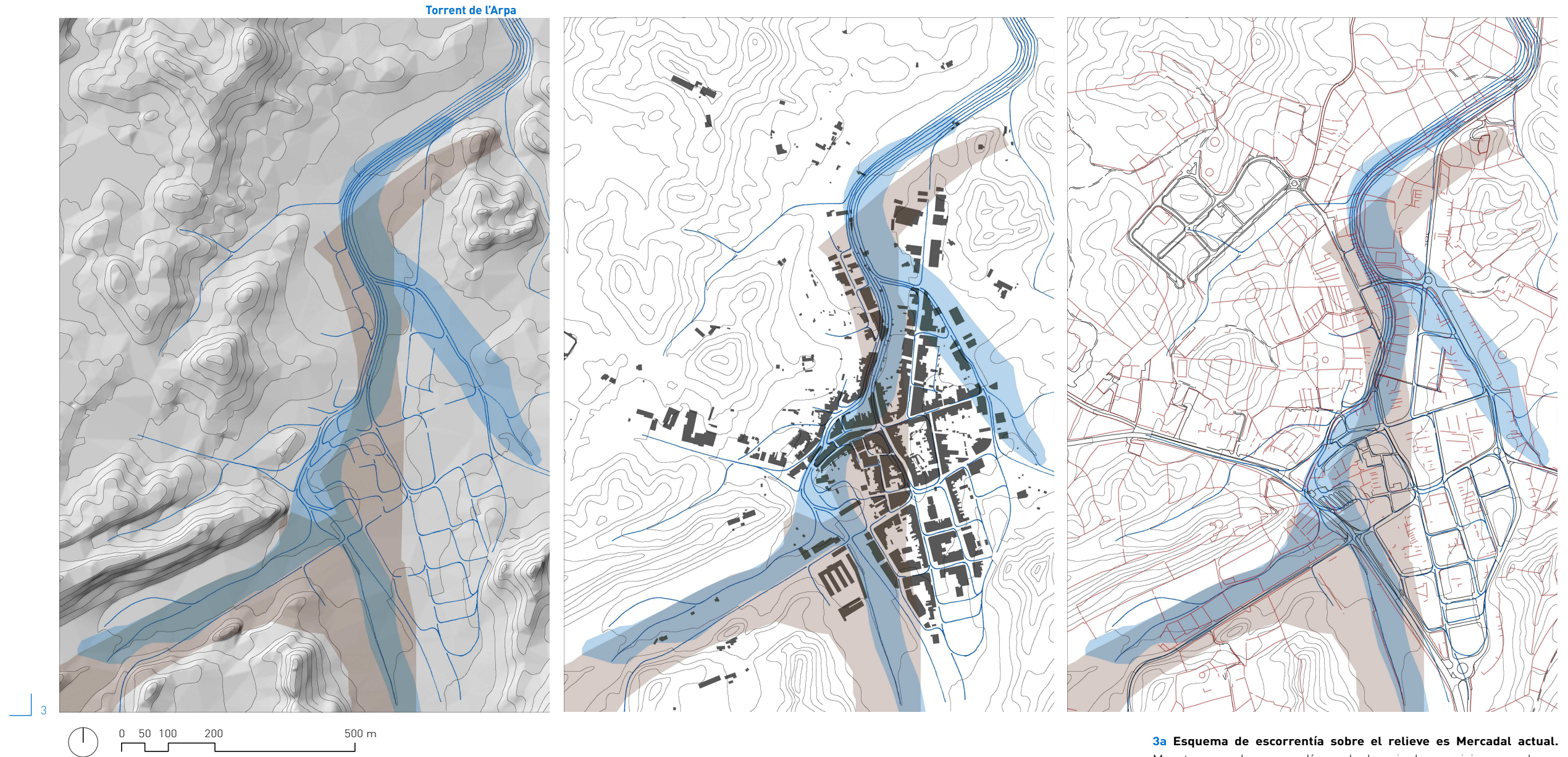
Se puede apreciar la extensión del pueblo sobre la margen derecha del torrente, mientras que la margen izquierda las edificaciones sólo se disponen en la franja del torrente y aparecen otras dispersas de explotación agraria "llocs", vinculadas al parcelario agrícola vinculadas al medio rural.

2c Esquema de escorrentía en relación a las parcelas, paredes de piedra seca y caminos es Mercadal 1956.

Con esta imagen podemos ver el entramado de caminos y sendas permanece prácticamente inalterado, solo aparecen carreteras vinculadas a la trama urbana de expansión que aportan nuevos accesos a es Mercadal con las comunicaciones ya existentes. En granate se grafía la retícula de paredes de piedra seca, elemento de cierre entre cultivos y edificaciones con sus huertos, son las paredes medianeras que estructuran la propiedad y explotación de la tierra.

la forma urbana en el territorio

análisis actual



3a Esquema de escorrentia sobre el relieve es Mercadal actual. Muestra como las nuevas líneas de drenaje dan servicio o se enlazan con las líneas de drenaje que ya estaban ahí. El torrente reduce su funcionalidad a la de vía de evacuación, los huertos dejan de inundarse y el agua de lluvia deja de gestionarse con la conexión a la redes públicas de agua y de alcantarillado.

3b Esquema de escorrentia en relación a la edificación es Mercadal actual. Continúa la extensión del pueblo sobre la margen derecha del torrente con edificaciones en manzana cerrada, mientras que la margen izquierda las edificaciones se extienden en la franja del torrente y siguen apareciendo nuevas edificaciones de explotación agraria "llocs" vinculadas al parcelario agrícola

3c Esquema de escorrentia en relación a las parcelas, paredes de piedra seca y caminos es Mercadal actual. Es interesante ver como la modernización de los viales e infraestructura viaria ha ido conectándose sobre los antiguos pero también ha producido cortes, ciertas discontinuidades en el drenaje natural hacia el torrente. En granate se grafía la retícula de paredes de piedra seca, elemento de cierre entre cultivos y edificaciones con sus huertos, son las paredes medianeras que estructuran la propiedad y explotación de la tierra.

el territorio Mercadal en transformación

pp |
25 | inauguración red de agua y alcantarillado: es Mercadal 1985
26 | agua y vegetación: Torrent de l'Arpa
29 | lugares de oportunidad: itinerarios de desarrollo

inauguración red de agua y alcantarillado

es Mercadal 1985

Bombear agua, impermeabilizar el canal, construir desagües y redes de tuberías para la recogida de las aguas pluviales y la eliminación de aguas residuales, fueron la medidas realizadas en la gestión hídrica de es Mercadal, para adaptarse tardíamente a las condiciones cambiantes impuestas por las preocupaciones higienistas (saneamiento ambiental) con la finalidad de mejora de condiciones de vida urbana y rural. También se pavimenta gran parte de la ciudad que supone el aumento del porcentaje de suelo impermeable, además el trazado de recolección de aguas lluvias y alcantarillado, coinciden en el canal que atraviesa el pueblo, esto implica que inevitablemente los colectores de aguas residuales sufrirán infiltraciones de las aguas lluvias aumentando el caudal y por tanto contaminando agua limpia y aportando trabajo innecesario a la depuradora.

"Unas aguas usadas para transportar los residuos orgánicos fecales y otros contaminantes minerales y alejarlos de la ciudad. Unas aguas usadas a las que se añaden las aguas de lluvia, incluso hoy la de los nuevos desarrollos urbanos, debido al arrastre de contaminantes que se depositan en las calles o que son arrancados de las superficies que controlan la escorrentía urbana, y que impiden su vertido directo al río. Un sistema hidrológico paralelo que, después de hurtar el agua a los sistemas naturales que los recibían, las devuelve al río contaminándolo. Una contaminación que se va reduciendo respecto al pasado por la exigencia de una mayor calidad de depuración, y que va a ir reduciéndose aún más en el futuro hasta poner en crisis el mismo sistema: ¿hasta dónde va a tener sentido ensuciar el agua para usarla como vector de alejamiento de residuos si luego tenemos que depurarla cada vez con mayor eficacia y dar igualmente una salida ecológicamente razonable a los residuos que vertimos ahí?". (1) Cuchí, Albert. Informe previo a la actuación urbanística en las Brañas de Sar en Santiago de Compostela, 2010XX).

Sin embargo, es Mercadal es un ecosistema frágil porque tiene pocos recursos dentro de un marco climático agudo, pero este mismo marco exigente le obligó a una intensa adaptación y es también, por los mismos motivos, un ecosistema muy eficiente. Exigencia, eficiencia, en definitivo equilibrio, frágil equilibrio. Esto es, o más bien era hasta los años ochenta del siglo pasado, es Mercadal. Este equilibrio se basaba en el aprovechamiento máximo de unos escasos recursos a la vez que en el desarrollo de una vida compatible con estos; captación de las distintas fuentes de energía/recursos, gestión y racionamiento, aprovechamientos de los residuos. Un sistema ecónomo, un sistema cuidadoso con su entorno porque dependía de él, y

un sistema que moldeó a su entorno de la misma forma que se moldeó a él. Al adaptar la gestión hídrica al cambio del saneamiento ambiental, ha entrado rápidamente en crisis, pues la demanda de agua supera ya, o amenaza sobrepasar, los niveles sostenibles de suministro, y no parece poder resolverse mediante soluciones técnicas rápidas que suponen la pérdida del enfoque tradicional des Mercadal. La adaptación, necesita ir mucho más allá de la transferencia tecnológica, necesita además convertirse en un proceso social que divulgue y recupere la cultura del agua propia del lugar para realizar una correcta gestión del recurso.

1



2



1 Aljibe de es Mercadal. Esta gran construcción, hoy todavía en uso y conservada en muy buenas condiciones, fue construido por el maestro de obras local Pere Carreras en el año 1735 por orden del gobernador inglés de la isla, Sir Richard Kane. Es un gran depósito que recoge el agua de la lluvia sobre su terraza, la cual tiene unos 800 m² de superficie y la almacena en una cisterna interior con capacidad aproximada de 273.000 litros. Su finalidad era abastecer a las tropas entre Mahón y Ciutadella y mejorar la calidad de vida del pueblo de Mercadal facilitándoles agua potable.

2 Canal es Mercadal. El trazado de agua de lluvias y alcantarillado, coinciden en el canal que atraviesa el pueblo, esto implica que inevitablemente los colectores de aguas residuales sufrirán infiltraciones de las aguas lluvias aumentando el caudal y por tanto contaminando agua limpia y aportando trabajo innecesario a la depuradora.

agua y vegetación

Torrent de l'Arpa



1-8 Secuencia de imágenes Torrent de l'Arpa (tramo alto).
Investigación de campo realizada para valorar y entender su medio físico, forma, topografía y relación con el pueblo y la cuenca Mercadal. Información gravada en los trazados de las calles, intersecciones y en la forma misma de la ciudad.



1



2



3



4



5



6



7



8

La naturaleza del torrente de Mercadal ha sido fuertemente transformada (canalizado e impermeabilizado en todo el tramo urbano, encauzamiento con cajón de hormigón), acercándose más a una artificialización y debilitando su condición de ecosistema perdiendo carácter geográfico y paisajístico.

El agua sólo presente cuando llueve y al poco tiempo se vuelve casi imperceptible, siendo habitual formación puntual de charcas y estanques temporales en tramos del lecho del torrente (siempre fuera de zona urbana), donde la pendiente del terreno propicia zonas de inundación temporal de unos pocos días, a semanas o meses.

Así, la imagen que suele tenerse de un río, aquí no se materializa más que a través de un surco pocas horas después de una lluvia, o por su traza histórica y topografía adaptada.

El torrente sólo es un río de evacuación, con su huella y su ausencia. Se ha perdido su agua, agua que podría haber sido retenida y gestionada para producir un río estacional, hacer visible la continuidad del agua, recuperar el ecosistema fluvial, la humedad y la fertilidad del sistema, incluso aprovecharse para el riego de campos de cultivo.

9-20 Secuencia de imágenes Torrent de l'Arpa (tramo intermedio).
Investigación de campo realizada para valorar y entender su medio físico, forma, topografía y relación con el pueblo y la cuenca Mercadal. Información gravada en los trazados de las calles, intersecciones y en la forma misma de la ciudad.



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18

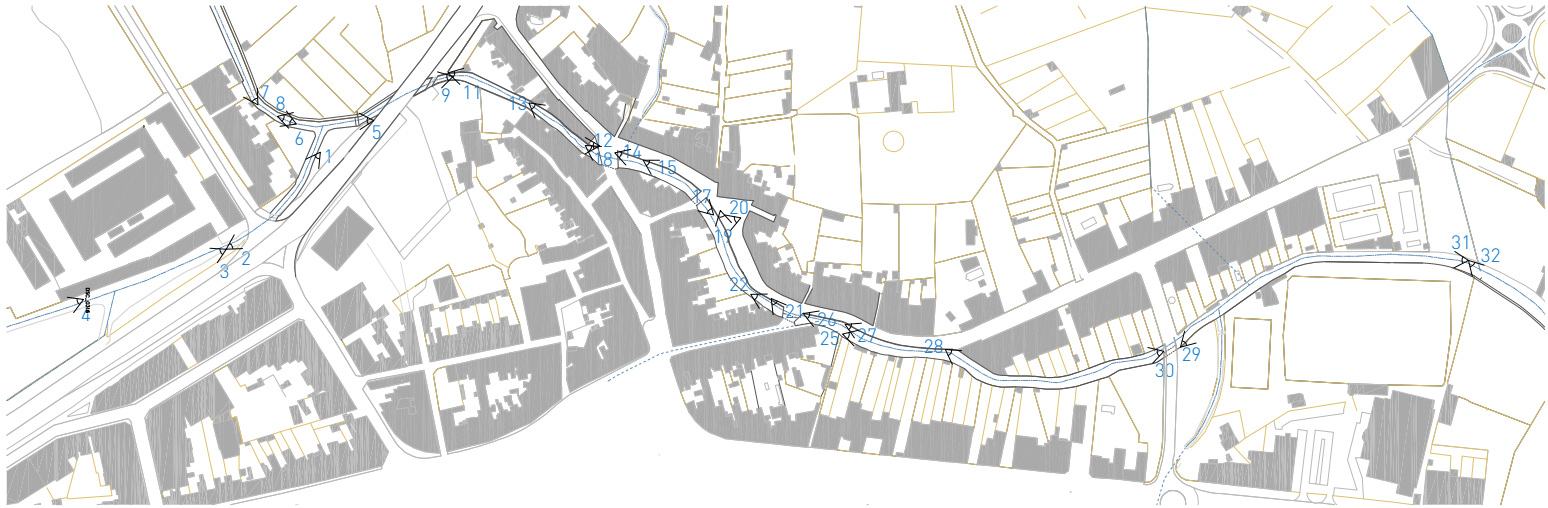


19



32

21-32 Secuencia de imágenes Torrent de l'Arpa (tramo final).
Investigación de campo realizada para valorar y entender su medio físico, forma, topografía y relación con el pueblo y la cuenca Mercadal. Información gravada en los trazados de las calles, intersecciones y en la forma misma de la ciudad.



21



22



23



24



25



26



27



28



29



30



31



32

lugares de oportunidad

itinerarios de desarrollo

Con este análisis se ha querido mostrar que las aguas torrenciales y de escorrentía siguen siendo un importante recurso y podemos aprovecharlas para –como en su origen– impulsar la vida de el pueblo.

Hoy las necesidades de satisfacer no son las de antaño, a es Mercadal con la llegada del suministro de red no le falta de agua potable, pero este hecho implica la extracción intensiva de aguas subterráneas, produciendo déficits en los acuíferos que ya se encuentran en grave riesgo de salinización por intrusión marina debido a la sobreexplotación¹.

La complejidad del caso de es Mercadal no proviene de la falta de agua pluvial (la hay) pero de su irregular repartición a lo largo del año. La clave está por lo tanto en su gestión. Por otra parte, si es verdad que hay agua sigue siendo un recurso limitado y es necesario aprovecharlo a su máximo. Por esto, de la misma forma que se tiene que gestionar los cursos de los torrentes, es importante captar al máximo las aguas de escorrentía de la cuenca de Mercadal y llevarlas a la red de torrentes.

Toda esta agua, que hoy se desperdicia y ocasiona desperfectos, se puede aprovechar para hacer re-nacer el Torrent de l'Arpa, para re-establecer este eje principal de es Mercadal.

Al devolver la vida a lo que hoy es una simple fosa en la ciudad, al devolverle un aspecto más natural y vegetal, al devolverle su función de transporte del agua y de la vida, al establecerle como eje visual y de paseo, al restablecerle en su papel de símbolo de es Mercadal y finalmente al hacer de este torrente seco y olvidado un elemento positivo, se creará un elemento integrador y un nexo de conexión.

Será el parque lineal que conectará a todos y que dibujará el vínculo entre presente y pasado. Los huertos que últimamente se protegían de sus avenidas volverán a abrirse sobre él, volverá a conectar el centro con los campos que lo rodean, a crea continuidades donde hoy establece límites.

El tratamiento paisajístico del Torrent de l'Arpa creará conexiones nuevas entre los distintos elementos de la ciudad y del territorio, ofrecerá nuevos espacios de paseo y recreo a los habitantes, y además lo hará limpiando es Mercadal de las aguas "molestas" y reciclándolas en un agradable parque lineal.



1

¹Estradé, S. (2014); Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM). Els recursos hídrics a Menorca. L'etern debat. "Per avaluar la quantitat de recurs haurem de centrar la nostra mirada en el balanç hídric de l'illa. S'extreu més aigua de la que entra?". "Si observem l'evolució del balanç hídric de l'aquífer de Migjorn en el període 1984 – 2012, veiem que el resultat del balanç s'ha mantingut en nivells negatius (sortia més aigua de la que entra) durant el període 1984 al 2000 exceptuant l'any 1985 i 1987, en canvi, la darrera dècada, del 2001 al 2011 el balanç ha estat positiu o amb valors propers al zero. Aquesta evolució del balanç s'ha vist reflectida en una evolució dels nivells piezomètrics en la mateixa línia, és a dir, un descens continuat dels nivells de l'aigua a l'aquífer de l'inici del període fins a l'any 2000 i una estabilització dels nivells inclús petites recuperacions del 2001 al 2012."

└ **recursos hídricos**

consideraciones hídricas e hidráulicas de la cuenca Mercadal

la geofísica de la cuenca

pp	
33	la hidrogeofísica de la cuenca de captación el valle Mercadal y su clima lluvia torrencial 2011
35	modelado digital con sistemas de información geográficas rellenado del modelo digital de elevación (MDE) direcciones y acumulación de flujo definiciones de las corrientes y segmentación delineación de las subcuencas agrupado de las subcuencas características de Cauces y Subcuencas usos y cubierta del suelo

la hidrogeofísica de la cuenca de captación

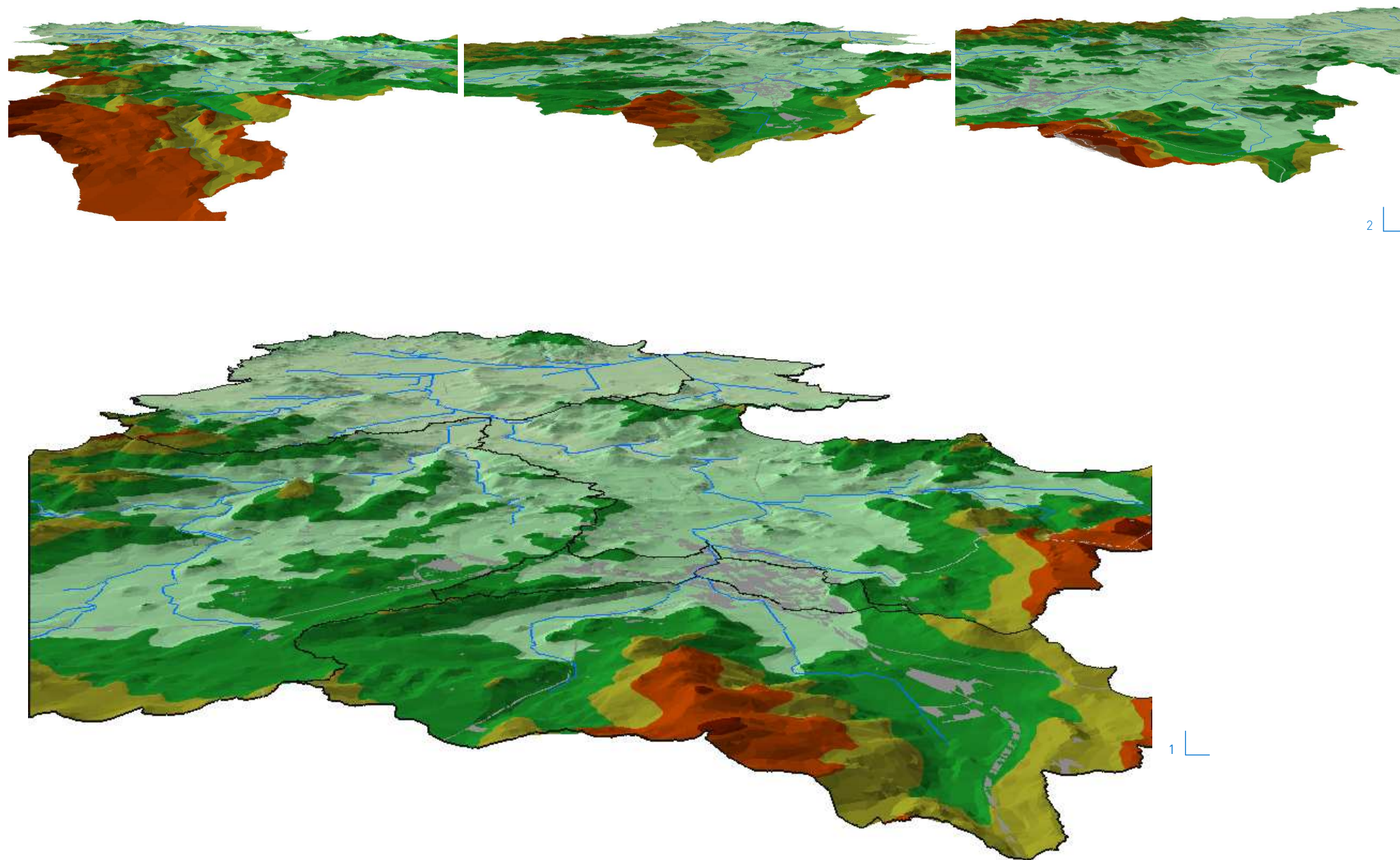
el valle Mercadal y su clima

Mercadal se sitúa en el centro de la isla de Menorca, donde se hayan las elevaciones principales, sin suponer alturas importantes, son colinas suaves que encierran grandes valles y llanuras, como es Mercadal. La superficie de cuenca de Mercadal, cubre un área de 3.371,09 ha y un perímetro de 36,48 Km, situada en el centro de la Isla, con dirección de drenaje S-N, limita al norte con el mar Mediterráneo y al sur con Alayor. El torrente Mercadal desde el monte Indiu cerca de es Mercadal, tramo urbano muy canalizado (tramo Mercadal), luego las aguas cruzan una falla direccional que lo desplaza dos kilómetros al este cruzando terreno de uso agrícola y una vez pasado la depuradora de es Mercadal (tramo Barbatx), se le une el torrente Montpalau a su izquierda; continúa haciendo un giro a la izquierda dejando al sur el humedal de Lluriac (tramo Lluriac), bordeando un extenso sistema dunar y finaliza en la playa de Tirant (tramo Tirant), dentro de una bahía. El torrente tiene una longitud de 10,46 Km y una pendiente media de la cuenca de 9,8.

El torrente de perfil longitudinal cóncavo, tiene un acusado carácter estacional llevando pequeños caudales o sin agua incluso en temporadas de lluvias, exceptuando el tramo bajo que fluye sobre sustratos cuaternarios aluviales ricos en arcillas y son permanentes, lo que suponen desbordamientos del torrente y surgencias del acuífero de Tirant que alimentan el humedal de Lluriac, de 100,7 ha de extensión. Este último tramo del torrente es el único que cuenta con una vegetación y bosque de ribera en muy buen estado mientras que en el resto de tramos es deficiente, de acuerdo al estudio de cartografía y valoración de la vegetación de ribera de los torrentes de Menorca del Observatorio Socioambiental de Menorca (OBSAM).

Respecto a la climatología la zona se puede considerar como templado, clima mediterráneo. Las precipitaciones medias anuales están entre 600 y 650 mm de lluvia, cantidad que disminuye paulatinamente a medida que nos desplazamos hacia la costa donde se alcanzan mínimos algo superiores a los 500 mm, y se caracteriza por una fuerte irregularidad espacial y temporal ya que mayor parte de la precipitación se concentra en el período inicial de otoño e invierno, mientras que en verano impera la sequedad.

Menorca, desprovista de una cadena orográfica protec-



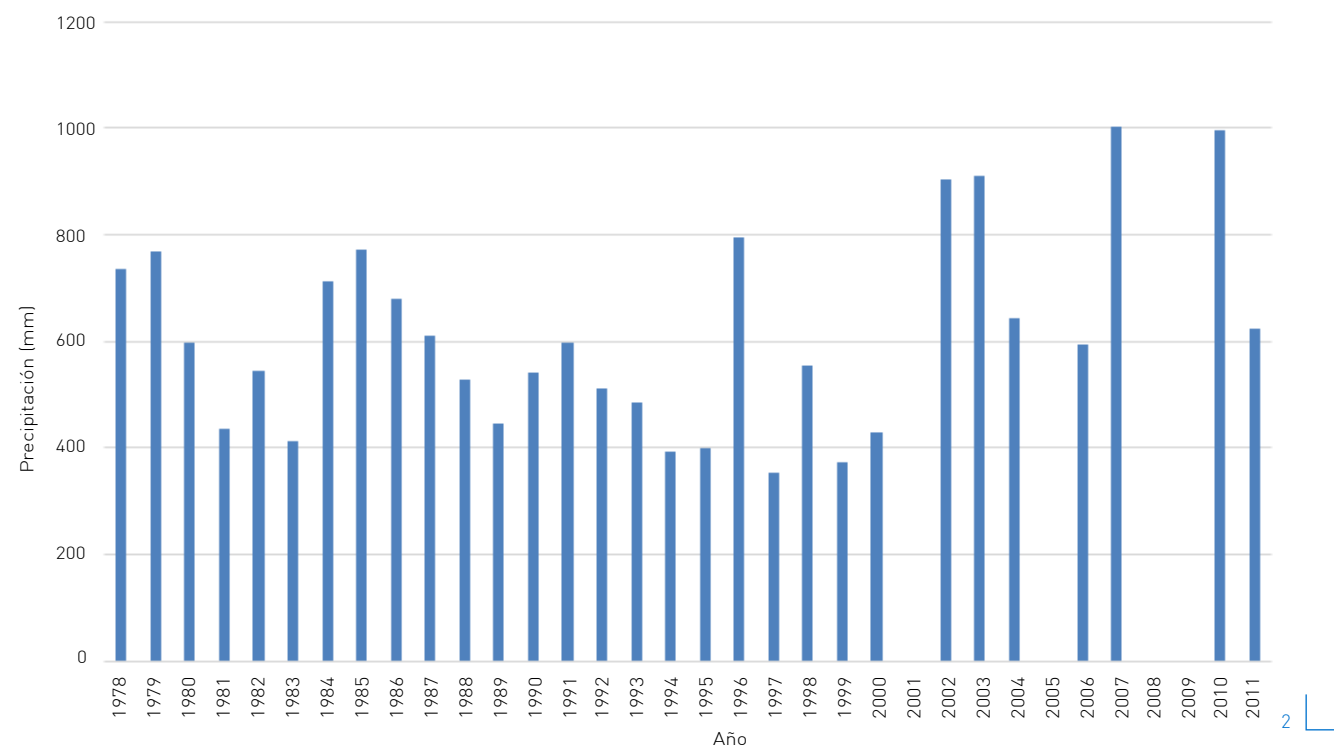
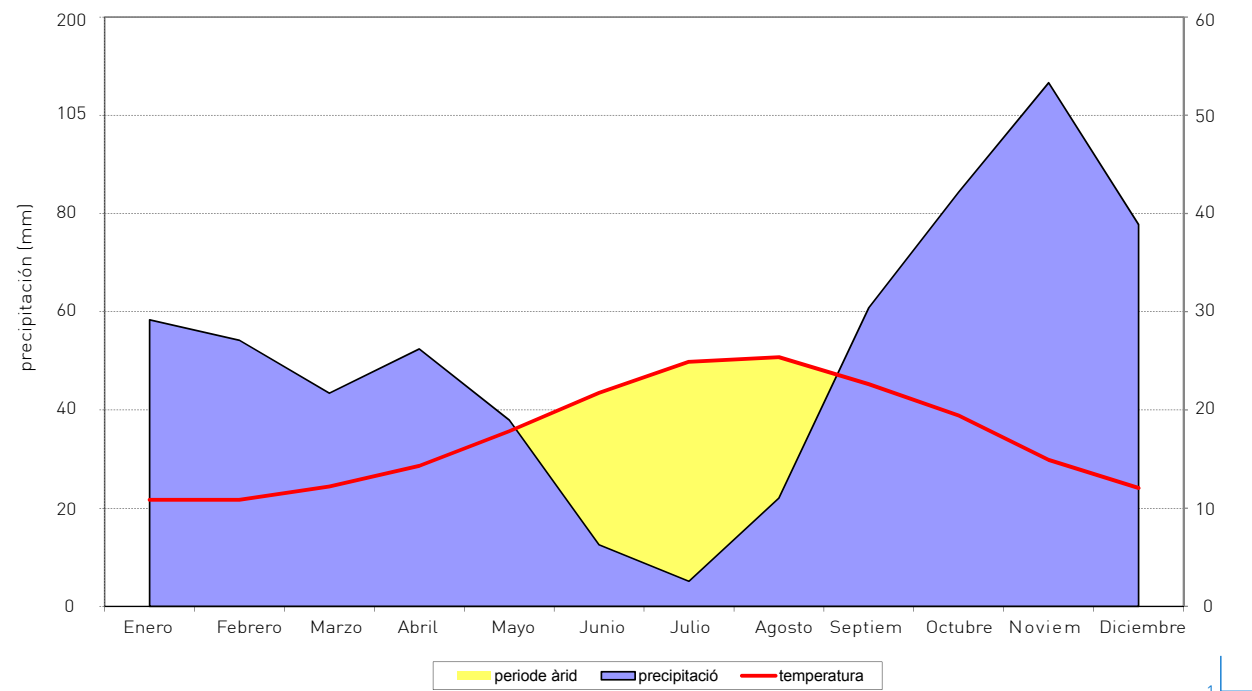
1 Vista cuenca Mercadal.

2 Secuencia de vistas desde los tramos altos de la cuenca; de izquierda a derecha Montpalau, Monte Indiu y Monte Toro.

Vistas 3D neradas a partir del modelo vectorial de redes de triángulos irregulares (TIN), que proporciona una representación precisa de la morfología de la superficie en la cuenca Mercadal. Las ventajas de una superficie TIN es que permite mostrar las trayectorias del agua y sus pendientes, así como las trayectorias que las rutas de agua siguen de forma natural.

tora, está expuesta con mayor intensidad a la acción de los vientos, especialmente el de *tramuntana*, que suele ser persistente, frío, seco y fuerte. Entre los Pirineos y los Alpes el aire fluye hacia el sur sin impedimentos, por lo que la tramuntana irrumpe sobre Menorca llegando a

dar de forma permanente, una fuerte inclinación a los árboles, especialmente a los acebuches, y obligando a los campesinos a construir cercas de pared seca alrededor de las higueras y otros árboles frutales para protegerlos del fuerte viento.



1 Diagrama ombrotérmico Mercadal-Toro. Diagrama ombrotérmico Mercadal-Toro durante el período 1978-2006 (30 años). (OBSAM).

2 Pluviometría anual media período 1971-2011 (mm). Datos de la estación meteorológica de Es Mercadal, coordenadas UTM X 593500; UTM Y 4426900; cota 63 m snm.; precipitación total anual media 641 m

3 Lluvia torrencial es Mercadal noviembre 2011 en contraste con el torrente seco en Mayo 2014. Se registraron 200 litros/m². [www.youtube.com/watch?v=93jLXFM-4F].

¹Se ha considerando avenida importante a partir de un registro superior a 130 litros/m², se puede decir que al menos ocurre una al año desde el 75. Siendo superiores a 200 litros/m², quince de ellas, de las cuales doce de ellas han sucedido desde el año 2000. El mayor registro hasta el momento de 324,6 litros/m², corresponde a la avenida producida en Noviembre del 2001).



También hay que destacar las importante secuencia de lluvias torrenciales en los últimos tiempos, ya que han sido registradas cuarenta y dos avenidas importantes¹ en los últimos cuarenta años, empezando a quedar en la memoria de la población aquellos duros años de sequías. Por este motivo es muy necesario caracterizar el régimen hidrológico de la cuenca.

Los cambios en la precipitación en los últimos años, indican alteración en los patrones de precipitación, con fuertes avenidas lo que conducirá a alteraciones de escurrimiento superficial. Avenidas más fuertes permitirán captar mayores volúmenes por procesos de escorrenría. El proyectado cambio climático, podría continuar desarrollando cambios más pronunciados en las características de precipitación y evaporación, como consecuencia directa de temperaturas más cálidas.

Lluvia torrencial 2011

Tomando datos del Instituto Nacional de Meteorología, en un periodo comprendido entre 1984 y 2002, obtenemos que se ha presentado 3 periodos de sequía considerables: 1981-1984, 1992-1995, 1999-2001, que da a conocer también que a lo largo del siglo XX las precipitaciones han ido disminuyendo. Sin embargo, son cada vez más frecuentes los episodios de lluvias torrenciales.

El torrente actualmente en el tramo Es Mercadal, se ha impermeabilizado por lo que su única función, pero no menos importante, es la de recoger la abundante agua de las lluvias torrenciales, cada vez más frecuentes y fuertes, protegiendo de posibles inundaciones a Es Mercadal. En la secuencia de imágenes de la fuerte lluvia torrencial de Noviembre 2011 se registraron 200 litros/m², y se puede ver que el agua se vuelve marrón porque arrastra tierras fértiles y además generan acumulación de restos de hierba, paja y de todo un poco que la ensucian. Aguas que se vierten directamente al mar en pocas horas, sin reciclar o disponer de ella para otros usos.

modelado digital con sistemas de información geográficas

modelado digital con SIG

El estudio geofísico se ha realizado con el programa HEC-GeoHMS para obtener las características físicas de la cuenca hidrográfica de Mercadal y luego estimar los parámetros hidrológicos, (evaluación de la infiltración, obtención de la escorrentía superficial y otros) información necesaria para poder realizar simulaciones hidrológicas teniendo en cuenta además el efecto de un clima cambiante en procesos de lluvia-escorrimento superficial. Esta herramienta es una implementación de la tecnología SIG a la Ingeniería Hidrológica, es decir, proporciona la conexión para trasladar la información espacial a los modelos hidrológicos.

A partir del modelo digital del terreno (MDT), facilitado por el Observatorio Socioambiental de Menorca (OBSAM), se obtiene el modelo digital de elevación (MDE), de la cuenca de estudio en formato ráster con tamaño de celda 1x1 metros, que permite representar el modelo en estructuras vectoriales con los atributos del terreno, definidos por sus coordenadas. Se ha utilizado el modelo vectorial de redes de triángulos irregulares (TIN), que proporciona una representación precisa de la morfología de la superficie en la cuenca Mercadal. Esta estructura se compone de un conjunto de triángulos irregulares adosados y que suele identificarse por las siglas de su denominación inglesa: Triangulated Irregular Network, TIN. Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos que no pertenezcan a una misma línea, y se adosan sobre el terreno formando un mosaico que puede adaptarse a la superficie con diferente grado de detalle, en función de la complejidad del relieve. Se trata de una estructura en la que el terreno queda representado por un conjunto de superficies planas que se ajustan a una estructura anterior de puntos.

Las ventajas de una superficie TIN es que permite la identificación de los elementos lineales en los cursos de agua, lo cual influirán en el comportamiento de la superficie. Permite mostrar las trayectorias del agua y sus pendientes, así como las trayectorias que las rutas de agua siguen de forma natural.

El esquema de trabajo en HEC-GeoHMS, a partir del modelo digital de elevación (MDE), es el siguiente: 1) Preprocesado del terreno; 2) Extracción de la cuenca de estudio; 3) Procesado de la cuenca; 4) Obtención de las características de cauces y subcuencas.

Los pasos llevados a cabo, ordenados, han sido:

Rellenado modelo digital de elevación (MDE)

Una vez se tiene el modelo de elevación digital puede darse el caso de que existan huecos debido a la falta de puntos y convertirlos en depresiones. Estos vacíos deben rellenarse para que no se pierda el agua por esos lugares. El rellenado del modelo se hace de forma automática. Al obtener el resultado de este paso debe verificarse que lo que se obtiene ha sido una mejora y no ha rellenado lugares que no debiera.

Direcciones y acumulación de flujo

Para obtener las direcciones de flujo necesitamos conocer dichas direcciones para saber hacia dónde se va a mover el agua en cada una de las celdas con lo que podremos esbozar las corrientes o ríos de nuestra cuenca. ArcGIS trabaja con un código numérico según si el agua de nuestra celda seguiría una de ocho direcciones posibles. Simplifica los 360° de una circunferencia que podría tener como dirección nuestra cuenca en subsectores de 45° de forma automática a partir del ráster. La acumulación de flujo permite conocer lugares con una alta o baja acumulación de agua lo que significará la existencia de un torrente o río donde mayor sea la acumulación de agua permitiendo un esbozo de las corrientes.

Definiciones de las corrientes y segmentación

A partir de la acumulación del flujo de agua el programa será capaz de dibujar las líneas de corriente, los que serán nuestros ríos en el futuro modelado hidrológico e hidráulico. La segmentación se lleva a cabo a partir de identificar los ríos o corrientes y observando sus relaciones de afluente-efluente.

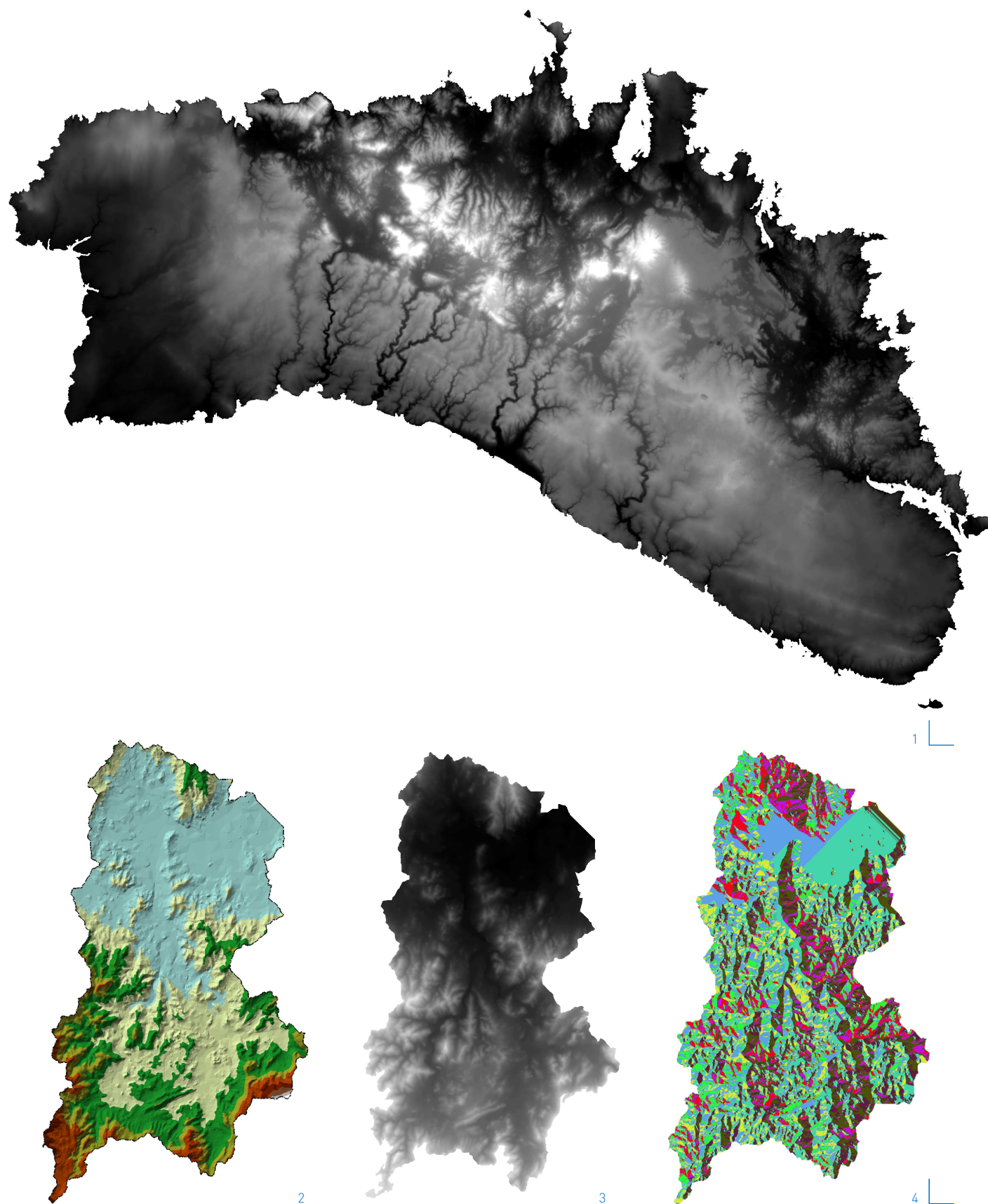
1 Modelo digital de elevaciones de la isla de Menorca.

2 Modelo vectorial de redes de triángulos irregulares (TIN).

3 Modelo digital de elevaciones de la cuenca Mercadal.

4 Mapa de direcciones y acumulación de flujo cuenca Mercadal.

que proporciona una representación precisa de la morfología de la superficie en la cuenca Mercadal. Las ventajas de una superficie TIN es que permite mostrar las trayectorias del agua y sus pendientes, así como las trayectorias que las rutas de agua siguen de forma natural.

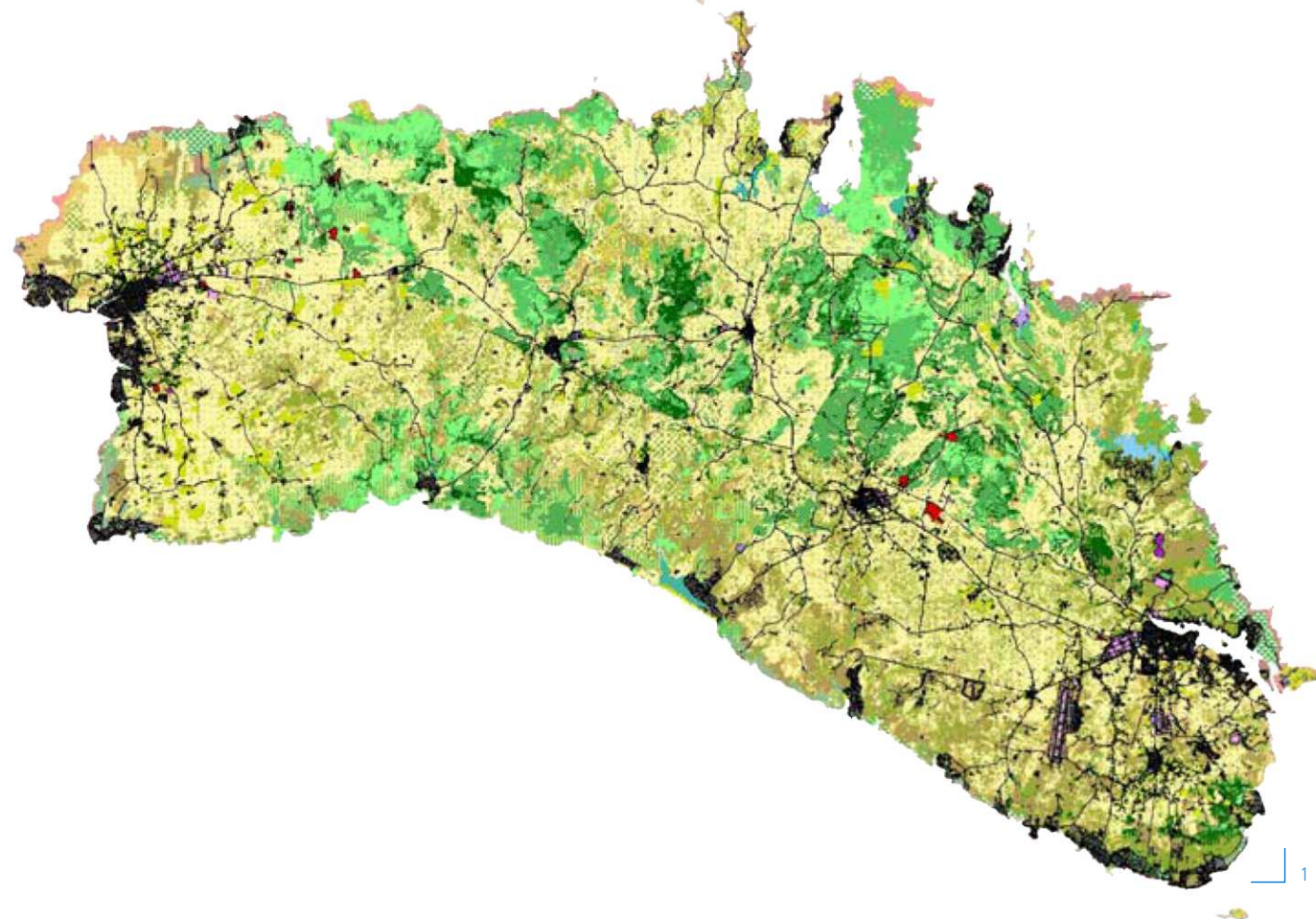


Delineación de las subcuencas

Una vez conocemos los torrentes que discurren por nuestra cuenca se debe conocer qué celdas son aportadoras hídricas para unir las en subcuencas y tratar cada subcuenca como mínima unidad hidrológica. Cada una de estas subcuencas tiene un punto común de desagüe que debe coincidir con algún punto del torrente previamente calculado. Trabajaremos con todas aquellas subcuencas y torrentes que van a desaguar a un punto definido, en nuestro caso es la cala de Tirant.

Agrupado de las subcuencas

Trabajar con tantas subcuencas puede ser inoperativo debido al exceso de detalle. Para optimizar el trabajo posterior se agruparon las subcuencas en otras de mayor área. Estas uniones no fueron automáticas sino que las va desarrollando el usuario. Conocido el río y el MDE este trabajo no es tan complicado y se pasaron a obtener subcuencas más eficientes sin perder detalle y según intenciones a las soluciones a proponer.

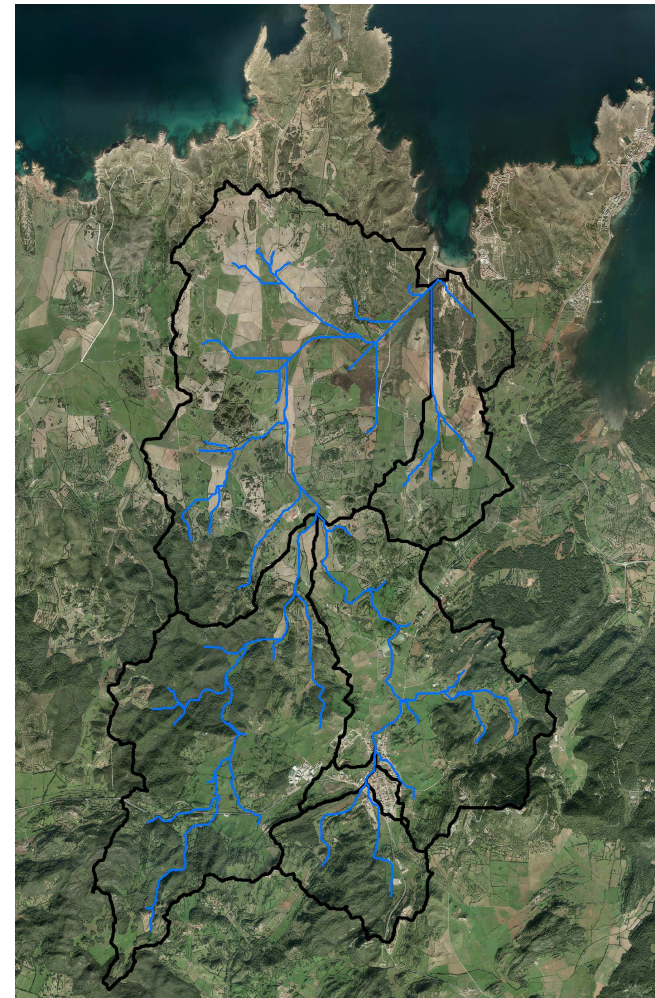


Características de Cauces y Subcuencas

HEC-GeoHMS permite la extracción de varias características físicas de los cauces y de las subcuencas. Estas características son almacenadas en tablas de atributos, que pueden ser exportadas a hojas de cálculo o a otros programas. A partir de las características físicas se obtendrán posteriormente los parámetros hidrológicos que forman parte de los datos de conforman en modelo hidrológico, los cuales permitirán una simulación numérica del modelo.

Usos y cubierta del suelo

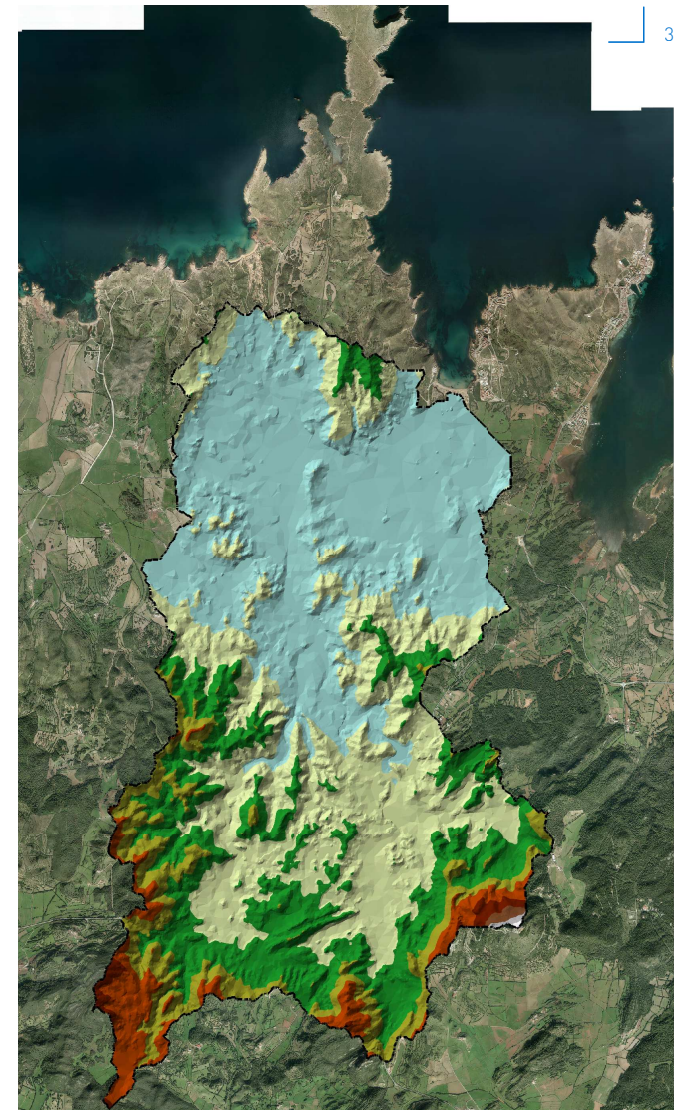
El uso de la tierra y la cubierta del suelo constituyen un parámetro esencial que debe tenerse en cuenta en cualquier análisis hidrológico. Esta característica es clave en el análisis de la cuenca de Mercadal puesto que algunas zonas son más propensas a las inundaciones. La identificación del uso de la tierra asociado a estas áreas afecta significativamente el comportamiento y las entradas de los modelos, y dejar de lado esta información introduciría incertidumbre en el análisis.



Tanto la información de los usos del suelo como del tipo de suelo se ha podido manipular en ArcGIS de tal manera que se podían añadir nuevos atributos a las subcuencas de estudio.

A partir de los usos del suelo se puede conocer para qué se utiliza el terreno de estudio, ya que la infiltración dependerá de esta información. A su vez, la infiltración depende del tipo de suelo que se clasifica en cuatro grandes grupos hidrogeológicos según su velocidad de infiltración.

Se usará dicha información para poder estimar las pérdidas que tendremos de nuestra lluvia. La estimación de las pérdidas se hará mediante el método del **Número de Curva** propuesto por el **Soil Conservation Service (SCS)**.



- 1 Mapa de usos y cubiertas del suelo OBSAM 2002.** Creado por el OBSAM a partir de las fotografías aéreas ortofotos del 2002 del SITIBSA.
- 2 Ortofoto con las subcuencas y red de drenaje de toda la cuenca de Es Mercadal.** Las subcuencas son agrupadas para trabajar con las áreas de manejo de captación que interesan.
- 3 Ortofoto con el modelo TIM.** El área del modelo indica la topografía y área de la cuenca a la que se llama Mercadal.

— **parámetros geofísicos e hidrológicos**

pp |
02 | parámetros geofísicos e hidrológicos
04 | interpretaciones del análisis de captación

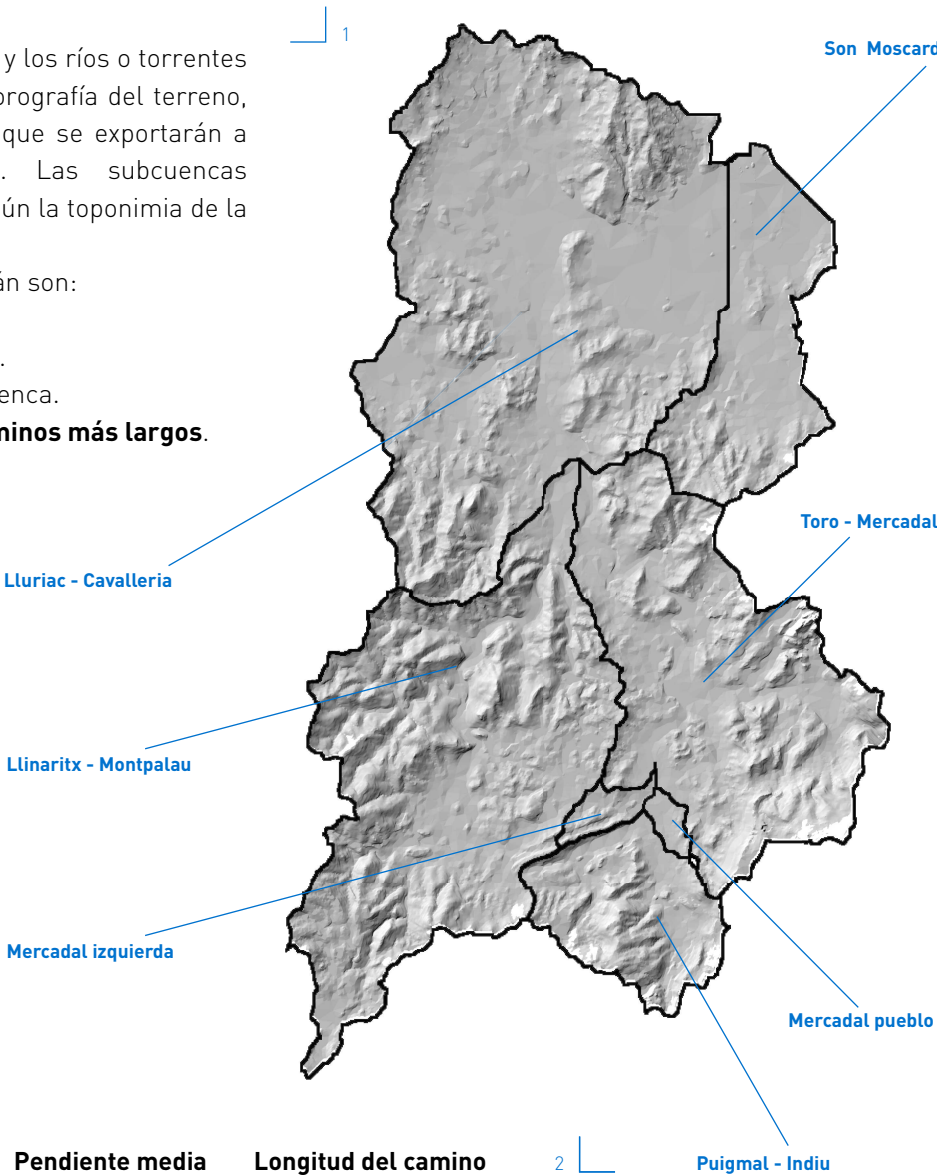
parámetros geofísicos e hidrológicos

parámetros geofísicos

Una vez conocidas las subcuencas y los ríos o torrentes que quedan determinados por la orografía del terreno, podemos determinar parámetros que se exportarán a los programas de simulación. Las subcuencas obtenidas han sido nombradas según la toponimia de la zona.

Los parámetros que nos interesarán son:

- **Área de cada subcuenca.**
- **Pendiente media** de los torrentes.
- **Camino más largo** de cada subcuenca.
- **Pendiente de cada uno de los caminos más largos.**



Subcuenca	Área (km²)	Pendiente media camino más largo	Longitud del camino más largo (m)
Lluriac-Cavalleria	14,46	0,026	6376,7
Son Moscard	3,02	0,028	3603
El Toro-Mercadal	6,59	0,044	6575,2
Llinaritz-Montpalau	8,72	0,024	7791
Puigmal-Indiu	2,16	0,055	2621,3
Mercadal pueblo	0,17	0,055	967,7
Mercadal izquierda	0,28	0,048	1433,7

1 Toponimia de las subcuencas. Una vez conocidas las subcuencas y los ríos o torrentes que quedan determinados por la orografía del terreno, podemos determinar parámetros que se exportarán a los programas de simulación. Las subcuencas obtenidas han sido nombradas según la toponimia de la zona.

2 Propiedades de las subcuencas. Muestra los parámetros que nos interesarán para la simulación.

3 Obtención de los tiempos de concentración de cada subcuenca. Obtenidos a partir de fórmulas empíricas.

parámetros hidrológicos

Una vez obtenidas las características físicas de los cauces y de cada una de las subcuencas se debe proceder a caracterizar hidrológicamente dichas subcuencas mediante la obtención de dos parámetros hidrológicos, estos serán: **el tiempo de concentración** y el **número de curva** de cada subcuenca.

El tiempo de concentración es el parámetro utilizado habitualmente para caracterizar la respuesta de una cuenca ante episodios aislados de lluvia. Gracias a la información de los caminos más largos y de sus pendientes podremos obtener el llamado tiempo de concentración (t_c) de cada subcuenca. El tiempo de concentración es un parámetro definido como:

Tiempo máximo necesario que necesita una gota de lluvia desde que entra a una subcuenca hasta que sale de ella, el recorrido que hará esta gota será el del camino más largo.

O bien se puede usar esta otra definición:

Tiempo necesario para que el caudal que sale de una cuenca sometida a una lluvia constante y uniforme sea estacionario.

Ante la imposibilidad de obtener el tiempo de concentración de una cuenca a partir de datos específicos sobre caudales y precipitaciones hay que recurrir al empleo de fórmulas empíricas. En este estudio la fórmula utilizada ha sido la de Témez menos en una subcuenca ya que la fórmula propuesta es válida para tiempos de concentración mayores a 0.25 horas. Se recalculó ese tiempo de concentración mediante la fórmula de Kirpich para cuencas pequeñas y comparada con diferente bibliografía asociada a cuencas pequeñas.

El Número de Curva es un parámetro que sirve para estimar la infiltración del terreno. Depende del tipo de suelo, del uso y tratamiento del mismo, de su condición de humedad antecedente y de la pendiente. La infiltración estimada con el método del mismo nombre será descontada de la precipitación de cálculo para así obtener la precipitación neta o efectiva, estimándose a partir de ésta la escorrentía superficial.

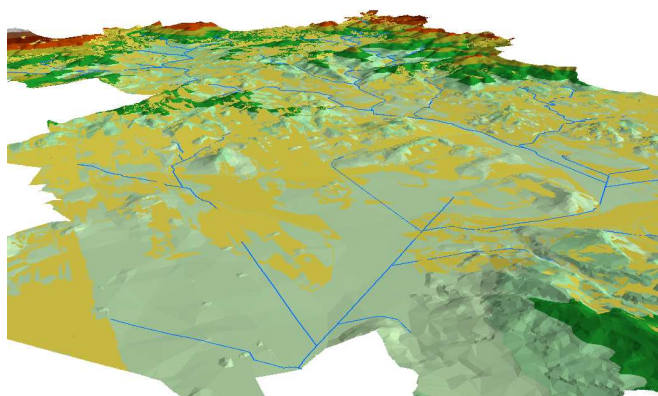
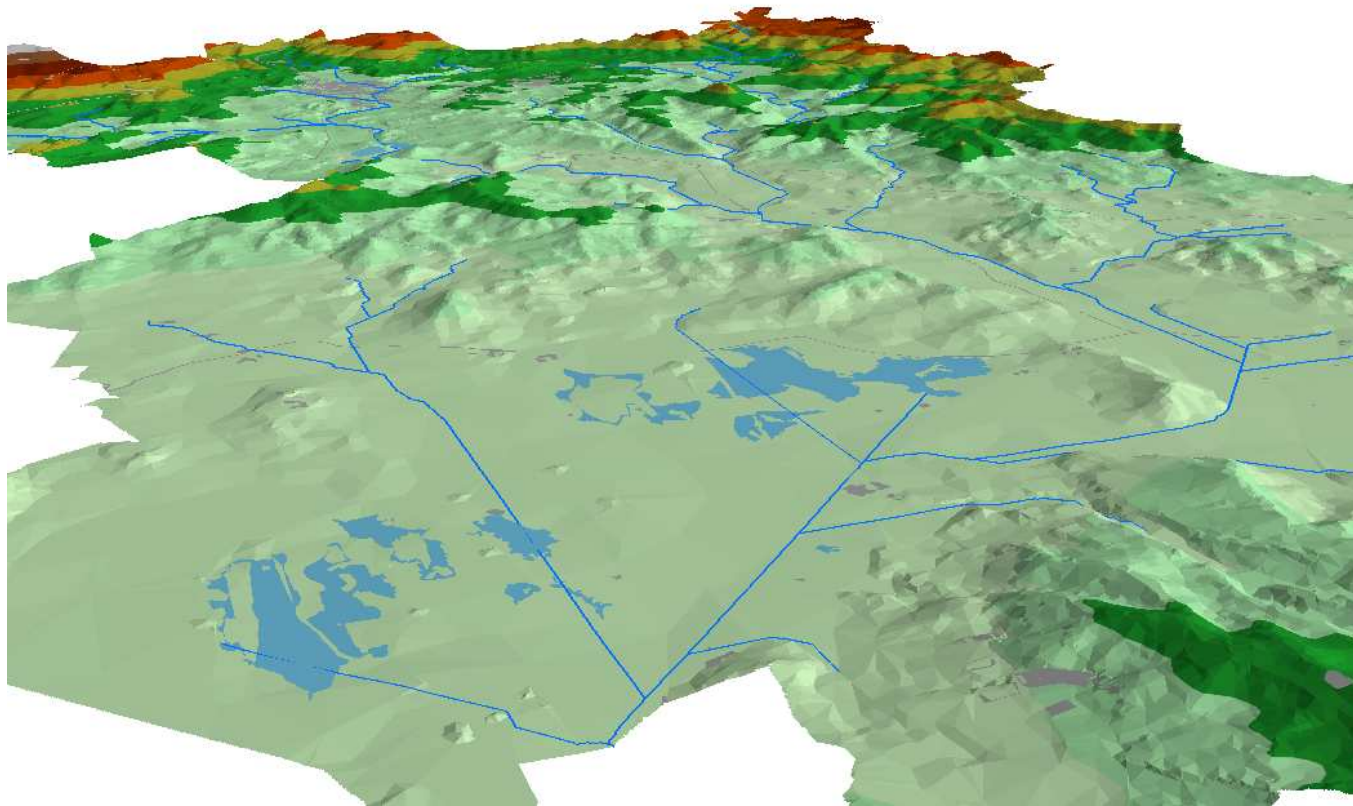
Para obtener el número de curva ha hecho falta un mapa de usos del suelo y otro de tipos de suelo, tal como previamente se ha comentado. Mediante ArcGIS cruzaremos ambos mapas para obtener un mallado de números de curva. Será necesario crear una tabla donde el programa lea según los usos del suelo cuáles son los valores experimentales de número de curva según el tipo de suelo.

El número de curva será un número entre 0 y 100 donde cuanto mayor elevado es más impermeable es el terreno.

Si se une la información del número de curva con la definición de subcuencas hechas previamente obtendremos el número de curva para la cuenca simplemente calculando su media. Se observa que si las subcuencas son excesivamente grandes o se han unido subcuencas con usos de suelos muy diferentes se pierde detalle en el modelado, es por esta razón que se tuvo que modificar la definición de la subcuenca alrededor del municipio de Es Mercadal para crear una subcuenca 100% urbana y poder enfocar de mejor manera la solución adoptada.

TÉMEZ					
Subcuenca	L (km)	J (m/m)	T _c (h)	T _c (min)	T _{lag} (min)
Desembocadura	0,121	0,021146	0,13	8	4,51
Lluriac-Cavalleria	6,377	0,025956	2,45	147	88,35
Son Moscard	3,602	0,028474	1,56	94	56,24
Toro-Mercadal	6,575	0,044164	2,27	136	81,75
Llinaritz-Montpalau	7,791	0,024437	2,89	173	104,07
Puigmal-Indiu	2,621	0,054573	1,08	65	39,03
Mercadal pueblo	0,968	0,055362	0,51	30	18,26
Mercadal izquierda	1,433	0,048208	0,70	42	25,26
KIRPICH					
Desembocadura	0,121	0,021146	0,06	3,6	2,16

interpretaciones del análisis de captación



1 Vista desde la desembocadura de la cuenca.

2 Vista desde la desembocadura de la cuenca con los campos de secano.

Vistas 3D neradas a partir del modelo vectorial de redes de triángulos irregulares (TIN), que proporciona una representación precisa de la morfología de la superficie en la cuenca Mercadal. Las ventajas de una superficie TIN es que permite mostrar las trayectorias del agua y sus pendientes, así como las trayectorias que las rutas de agua siguen de forma natural.

Como resultado del análisis de captación se han identificado varios valores que se utilizan para la modelación hidrológica en HEC-HMS. Hay un afluente principal que converge al norte de Mercadal, cerca de la finca Barbatx. El resultado de esta convergencia es un aumento de la concentración de flujo en los tramos inferiores de la cuenca como muestra el análisis de acumulación de flujo. También se observa la generación de torrentes como direcciones principales de evacuación de la esco-rrentía superficial. Los modelos de dirección del flujo y elevaciones muestran la dirección del flujo hacia la costa, esta es una causa de la inundación de estas zonas debido a la intensidad de las lluvias en las partes altas de la cuenca.

El uso de la tierra afecta significativamente la permeabilidad del suelo. A partir del análisis del uso del suelo de la cuenca Mercadal y de imágenes satélites se puede observar que gran parte de la cobertura del suelo es forestal y áreas seminaturales con pocas probabilidades de impedir la tasa natural de infiltración. En la parte alta hay un aumento significativo en las áreas urbanas que introducen más superficies artificiales que tienen una menor permeabilidad. También hay una cantidad notable de los humedales en la cuenca inferior, que tiene una baja capacidad de almacenamiento, pero un gran volumen que gestionar. Todos estos puntos singulares quedan reflejados en el número de curva e integrados en la subcuenca pertinente.

el estudio hidrológico

pp |
43 | obtención de la lluvia de diseño
45 | modelado hidrológico mediante HEC-HMS
46 | análisis de resultados

obtención de la lluvia de diseño

curvas IDF

De la información meteorológica solo se disponía de registros diarios de lluvia por lo que se tuvo que construir la curva IDF asociada a ese registro pluviométrico mediante un estudio estadístico de los datos proporcionados por la estación pluviométrica de Barbatx que está situada en el centro de la cuenca. Conocida la localización de la estación meteorológica se tomarán sus valores de precipitación como representativo de toda la cuenca debido a la localización central de la estación y el tamaño de la cuenca.

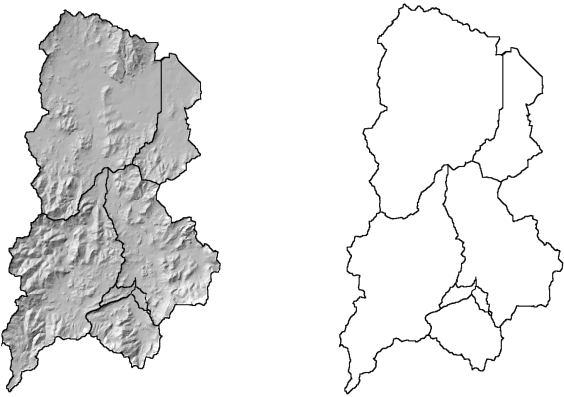
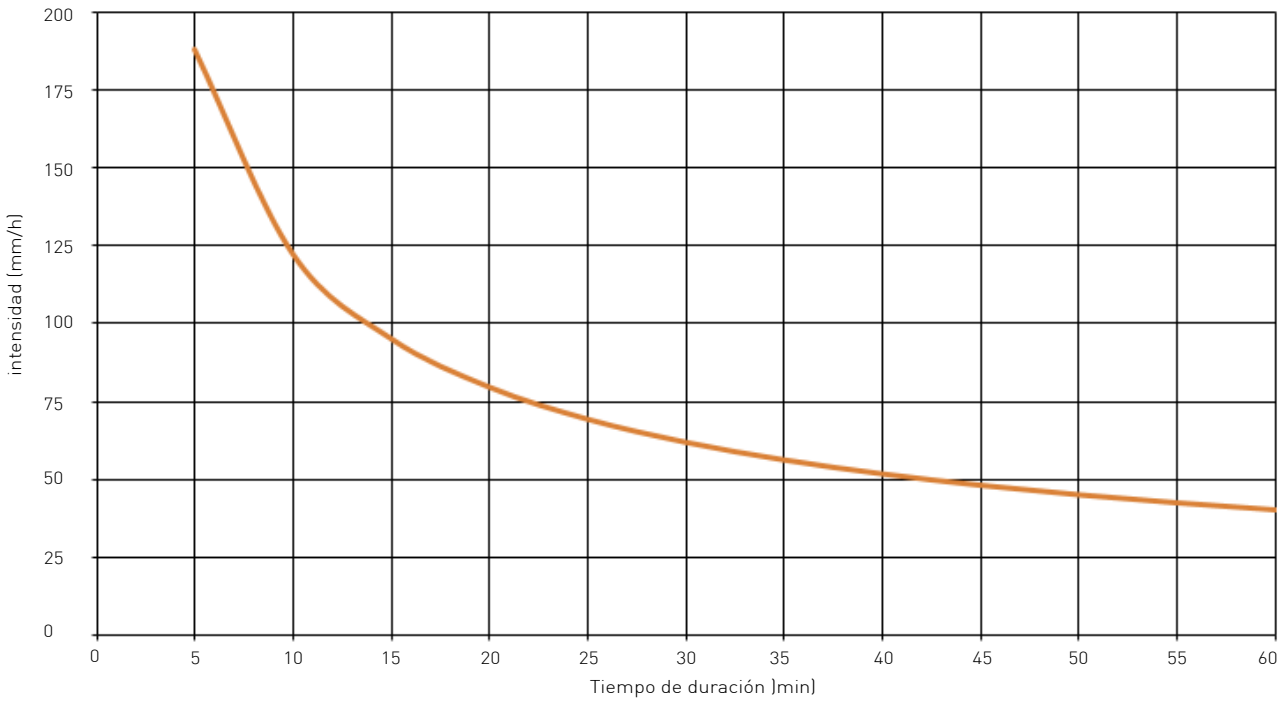
Las **curvas Intensidad- Duración- Frecuencia (IDF)** representan un nivel de información global referente al comportamiento pluviométrico de una zona. Las curvas IDF suponen una relación entre las intensidades medias máximas esperables para cada duración de precipitación y para cada período de retorno considerado. Su construcción se realiza analizando los registros de todas las tormentas y sus períodos más intensos de precipitación. Estas intensidades se ordenan para cada uno de los períodos de tiempo considerados (5', 10', 15',...) en función de su valor, realizando un tratamiento estadístico de los datos y asignando períodos de retorno. Por tanto, las curvas IDF representan un punto de partida para construir la lluvia de proyecto que emplearemos en nuestro proceso hidrológico.

Conocida¹ la curva IDF asociada se puede construir la lluvia de diseño. De entre todos los diferentes tipos de lluvia el **hietograma** es adecuado para fenómenos de precipitación unimodales que son los más típicos en esta climatología. El hietograma especifica la precipitación en un número n de intervalos de tiempo Δt para una lluvia de duración total n·Δt. Una vez seleccionado el período de retorno deseado se toman los datos de intensidad de precipitación de la curva IDF para duraciones Δt, 2Δt, 3Δt,..., así como la precipitación total obtenida multiplicando las intensidades por las duraciones de lluvia. Se trata de estimar los intervalos más desfavorables de precipitación, o sea:

- 1. $P_{\text{bloque 1}} = I_{5'} \cdot 5$
- 2. $P_{\text{bloque 2}} = I_{10'} \cdot 10 - I_{5'} \cdot 5$
- 3. $P_{\text{bloque 3}} = I_{15'} \cdot 15 - I_{10'} \cdot 10 = I_{15'} \cdot 15 - P_{\text{bloque 1}} - P_{\text{bloque 2}}$

Etcétera...

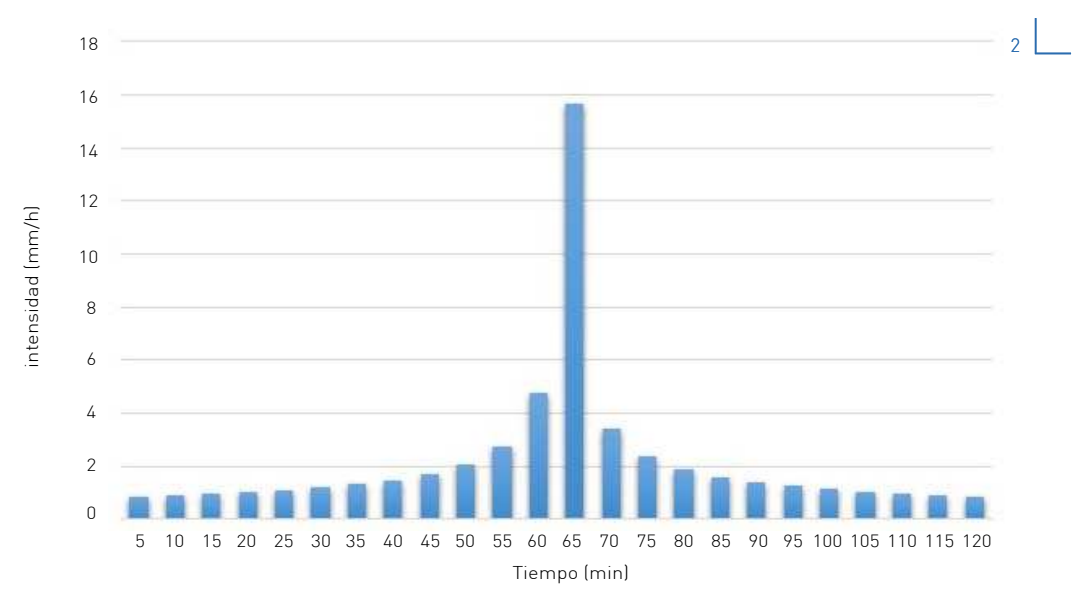
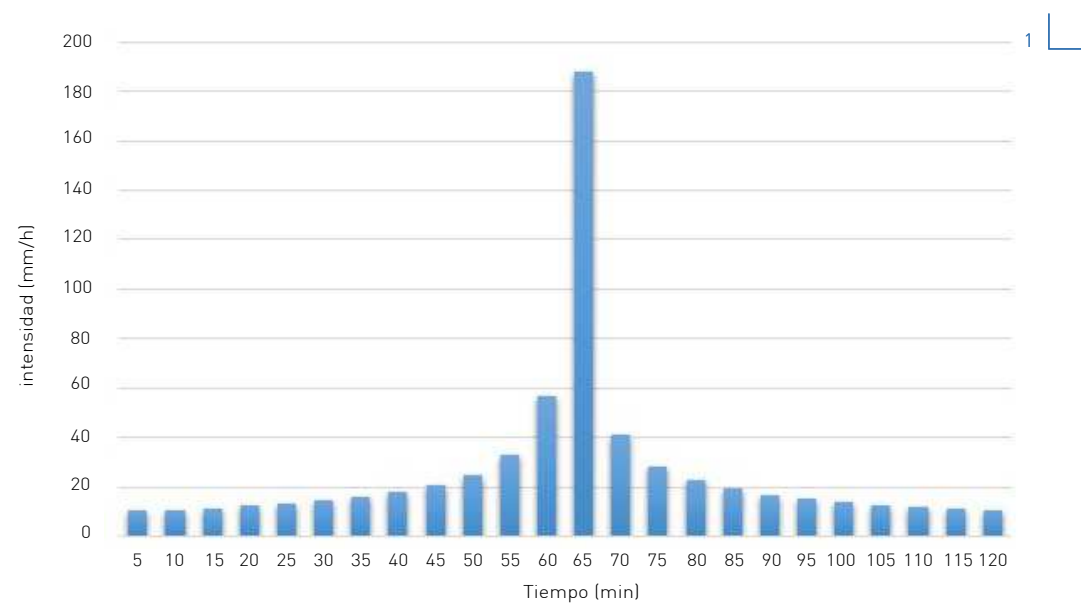
Estos bloques de lluvia se van distribuyendo de forma alternada, alrededor del bloque de lluvia de mayor intensidad, uno a cada lado, o bien, se distribuyen en el tiempo, dando al hietograma una forma acorde con el aspecto de las tormentas de la zona.



1 Esquema de la cuenca en HEC-HMS. La imagen muestra el esquema que se ha tomado del software de simulación hidrológica sobre una imagen con la forma de la cuenca de trabajo para mostrar el esquema hidrológico utilizado.

2 Curva IDF asociada a la registro pluviométrico de la estación Barbatx. Estación metereológica Barbatx, coordenadas UTM X 593500; UTM Y 4426900 cota 63 precipitación total anual media 641 mm. Una vez conocida la curva IDF asociada se puede construir la lluvia de diseño. Esta lluvia de diseño se ha comparado con valores registrados de lluvia y se ha comprobado con los valores históricos para comprobar su robustez.

¹La curva IDF se ha obtenido a partir de los registros de la estación pluviométrica de Barbatx (facilitados por el OBSAM), el resultado corresponde a la figura 1, para un período de retorno de T=500 años.



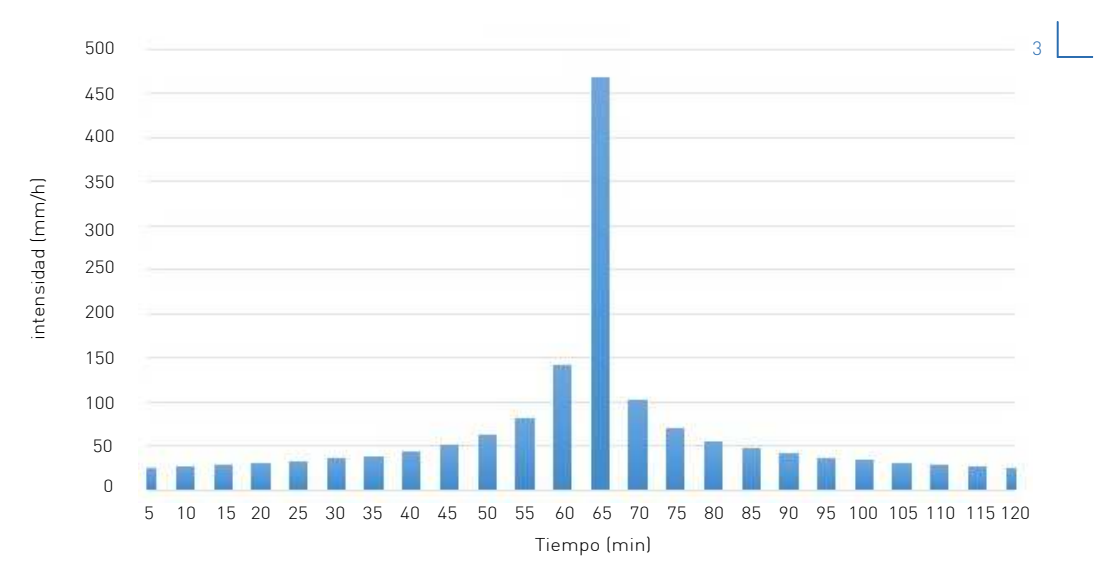
1 Resultado del hietograma de diseño para una lluvia de 50mm.
 Intensidad (mm/h) - Tiempo (min).

2 Resultado del hietograma de diseño para una lluvia de 50mm.
 Precipitación (mm) - Tiempo (min).

3 Resultado del hietograma de diseño para una lluvia de 130mm.
 Intensidad (mm/h) - Tiempo (min).

hietograma

A partir de la curva IDF se ha deducido el hietograma de diseño asociado. Esta lluvia de diseño se ha comparado con valores registrados de lluvia y se ha comprobado con los valores históricos para comprobar su robustez. El hietograma se estableció para una lluvia de 2 horas de duración con una resolución minuto a minuto. El hietograma que se muestra está agrupado en bloques de 5 en 5 minutos para facilitar su comprensión.



modelado hidrológico mediante HEC-HMS

modelo hidrológico del torrente Mercadal

El estudio hidrológico se ha llevado a cabo con el programa de simulación del centro de ingeniería hidrológica (HEC) del cuerpo de ingenieros militares de Estados Unidos. Una vez disponemos de toda la información geofísica extraída del modelo digital de elevación (MDE) podemos generar archivos de exportación desde ArcGIS hacia HEC-HMS y poder estudiar el comportamiento hidrológico de la cuenca de estudio. Mediante el estudio hidrológico conoceremos la respuesta de toda la cuenca sometida a una lluvia de diseño y obtendremos hidrogramas en los puntos que nos interesen y los volúmenes asociados a estos hidrogramas.

Para producir un análisis realista y fiable se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Las precipitaciones

Los datos de lluvia se recogieron de las estaciones pluviométricas de la cuenca de Mercadal y se trabajó estadísticamente con ellas para obtener una curva IDF que será la de diseño.

Pérdidas

Las pérdidas tienen un gran impacto en la cuenca del torrente y deben estar bien representadas en cualquier proceso de modelado. La causa más importante de pérdidas es la infiltración y era esencial para evaluar la escorrentía basada en la precipitación y las características de la cuenca.

La escorrentía superficial

Toda el agua que cae en la cuenca o bien se infiltra y por tanto son caracterizadas como pérdidas, o bien discurre superficialmente. Esta fracción de agua que discurre superficialmente es la llamada escorrentía superficial y es la que se debe tratar para dotarla de uso si no se quiere que vaya directa al mar y perder su potencial.

Hidráulica

El comportamiento del torrente dentro del canal, sobre todo el lecho del torrente, es un elemento esencial que debe tenerse en cuenta en cualquier análisis hidrológico ya que permite la propagación de la avenida por toda la cuenca.

Para poder ejecutar la simulación se han de determinar diferentes metodologías para los diferentes procesos que se producirán en las cuencas. Dichos procesos son los siguientes:

A) Pérdidas de lluvia en la cuenca.

Como la duración de la tormenta es pequeña y es el tiempo de estudio no se tiene en cuenta la evaporación ni la evapotranspiración. Del mismo modo como ya hay registradas depresiones con presencia de agua en las marismas que están representadas en los usos del suelo no se considerará el llenado de éstas. Finalmente la interceptación ha sido también descartada al tratarse de lluvias torrenciales que cae un gran volumen de agua en muy poco tiempo no permitiendo a la cubierta vegetal absorber fracción significativa de dicha precipitación.

Nos queda por tanto la infiltración en el terreno. Dicha infiltración será calculada mediante el método del Soil Conservation Service (SCS) tal y como se ha indicado previamente en el apartado Parámetros geofísicos y cruzando la información de tipos y usos del suelo junto con una tabla con valores propuestos obtenidos de forma experimental.

Para poder ejecutar la simulación se han de determinar diferentes metodologías para los diferentes procesos que se producirán en las cuencas. Dichos procesos son los siguientes:

- Pérdidas de la lluvia bruta (fracción de la lluvia que no se convierte en escorrentía superficial) debido a infiltración en el terreno, evaporación, evapotranspiración, interceptación o almacenamiento en depresiones.
- Como se convierte el hietograma de diseño una vez se tiene la precipitación neta en escorrentía superficial.
- Flujo de la red de drenaje.
- Propagación de la avenida a través de la red de drenaje.

B) Transformación de la lluvia en caudal.

El método usado para la transformación de la lluvia en caudal ha sido el del Hidrograma adimensional del SCS. Conocidos los hidrogramas en de salida de la cuenca la adimensionalización del hidrograma nos permitirá obtener la misma información relativa a cualquier otro punto.

El parámetro que define este proceso es el tiempo de retraso (tlag) que puede relacionarse mediante una ecuación empírica propuesta por el mismo SCS con el tiempo de concentración.

C) Flujo de la red de drenaje

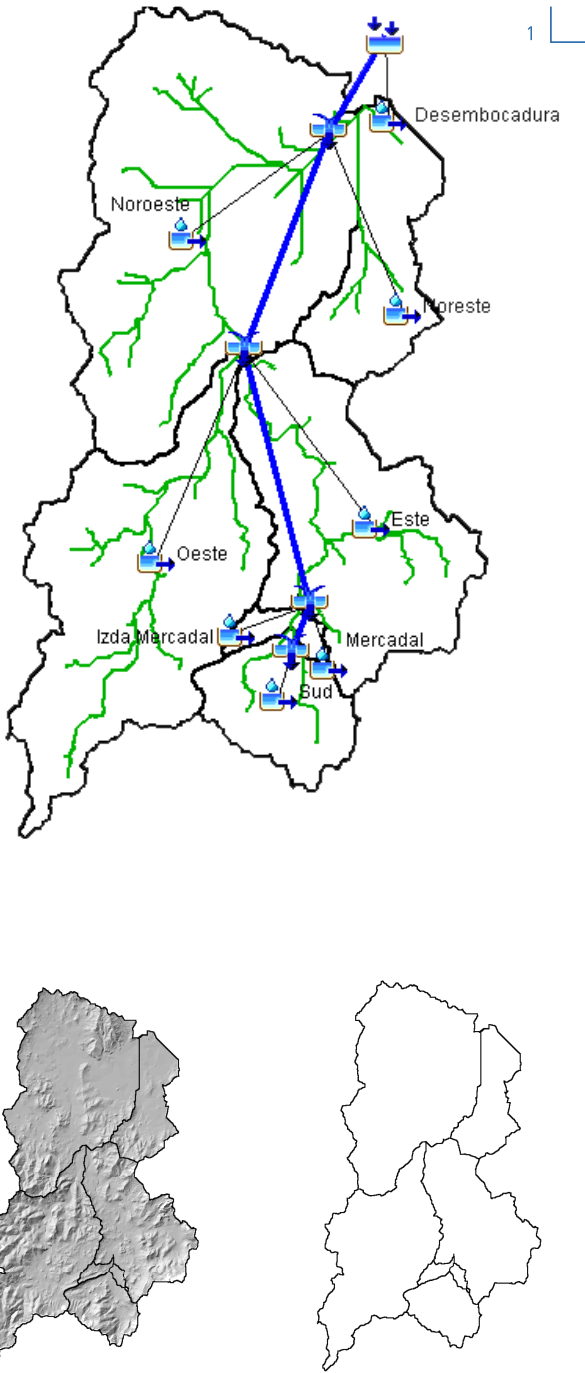
Como se trata de una red de drenaje de torrentes que no tienen agua a no ser que sea debido a un aguacero, se indicará que dichos torrentes no tienen flujo base.

D) Propagación de la avenida a través de la red de drenaje.

Una vez conocemos cual es el hidrograma de salida de cada cuenca debemos calcular cómo interactúan entre ellos al estar todos conectados por la red de drenaje primaria. Existen diferentes métodos para calcular dicha propagación de las avenidas. A continuación se exponen diferentes métodos y qué hace falta para cada uno.

- Onda cinemática: Parámetros geométricos del cauce.
- Tiempo de retroceso: Simplemente conocer cuánto retroceso hay entre hidrogramas.
- Puls modificado: Valores conocidos de hidrogramas.
- Muskingum: Hidrogramas de salida y entrada.
- Muskingum - Cunge: Parámetros geométricos del cauce.
- Straddle - Stragger: Parámetros temporales

Debido a la falta de valores registrados quedan descartados directamente los métodos de tiempo de retroceso, Puls modificado y Muskingum. Por ser un método muy antiguo y rudimentario además de poco contrastado queda descartado el de straddle-stragger. Parámetros geométricos del cauce se conocen gracias a disponer del modelo digital de elevación y se ha optado por usar el método de Muskingum-Cunge debido a ser una fusión de la onda cinemática con Muskingum donde agrupa lo mejor de cada uno de ambos métodos.

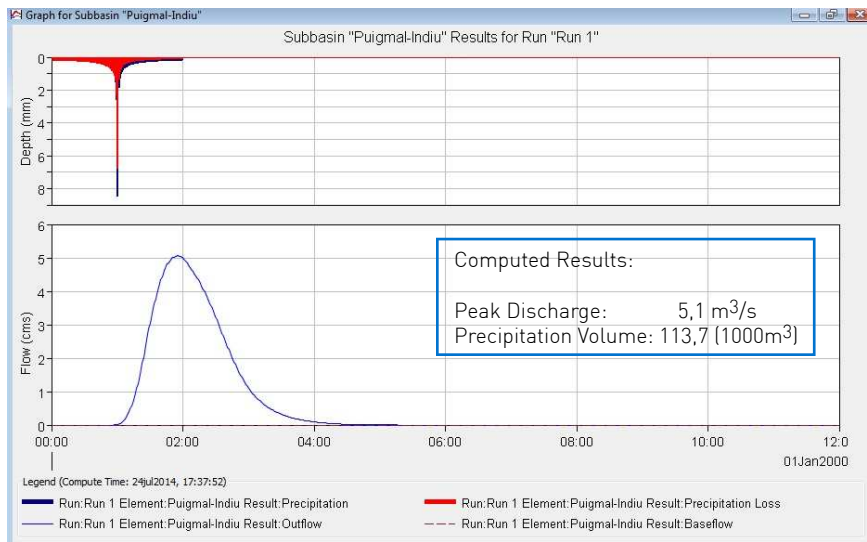


1 Esquema de la cuenca en HEC-HMS. La imagen muestra el esquema que se ha tomado del software de simulación hidrológica sobre una imagen con la forma de la cuenca de trabajo y de sus torrentes para mostrar el esquema hidrológico utilizado. Se observan las diferentes subcuencas donde se les ha añadido las propiedades físicas necesarias para la simulación y los diferentes torrentes que unen las subcuencas de los cuales necesitaremos su longitud y algunos parámetros más según el método de propagación de la avenida.

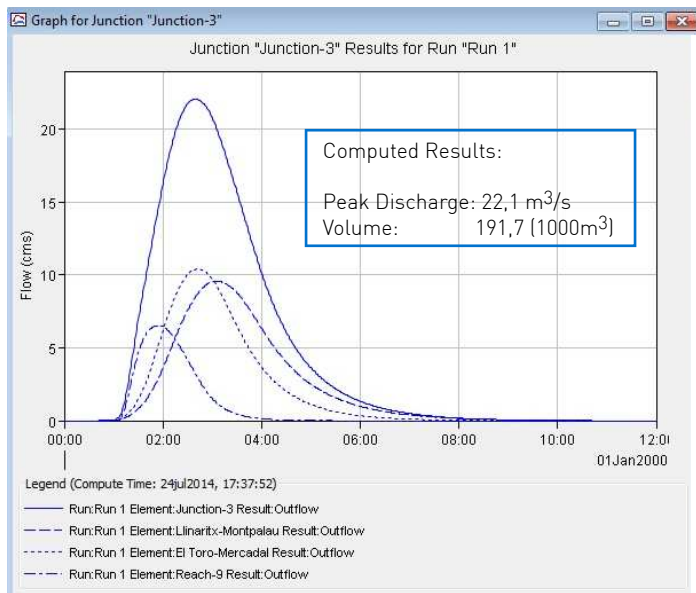
2 Algunos valores tomados para la creación de la tabla del número de curva. Los números de curva se han obtenido a partir del GIS cruzando los usos y cubiertas del suelo.

Descripción	A	B	C	D
núcleo de población	77	85	90	92
núcleo de población	81	88	91	93
calles	98	98	98	98
zonas verdes y jardines	39	61	74	77

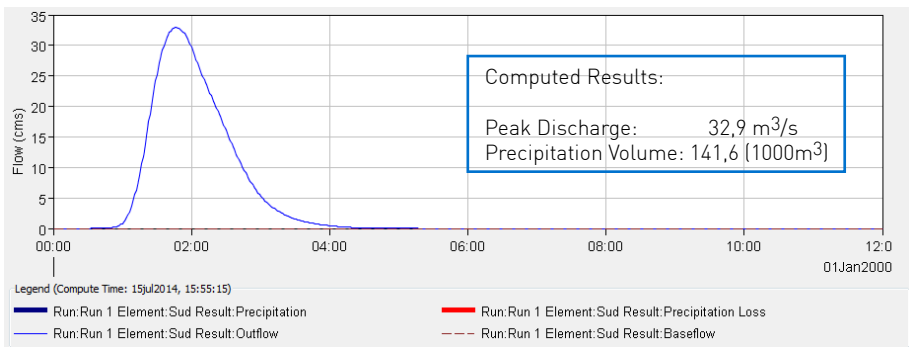
análisis de resultados



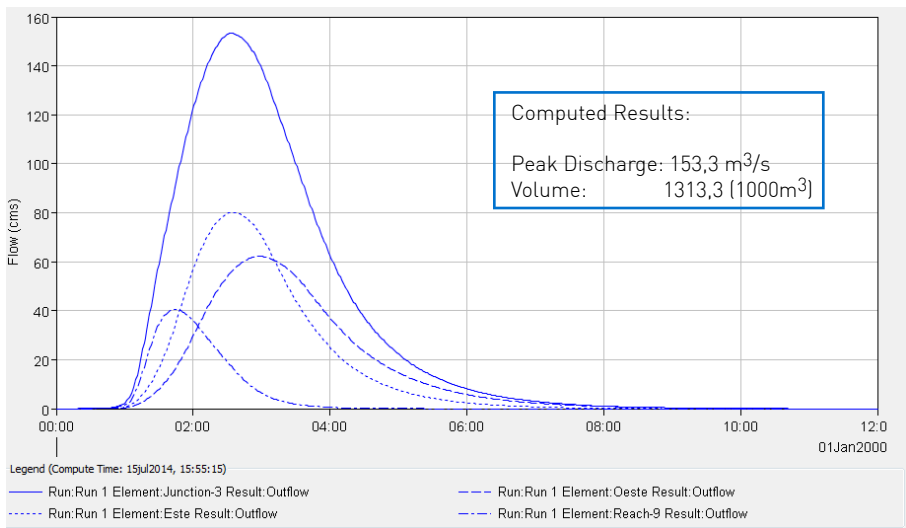
1



3



2



4

1 Hidrograma de respuesta y volumen total de escorrentía de la subcuenca Puigmal-Indiu para la lluvia de diseño 52,65 mm. Se observa que el volumen total de escorrentía superficial es de 22,9 m³.

2 Hidrograma de respuesta y volumen total de escorrentía de la subcuenca Puigmal-Indiu para la lluvia de diseño 131,09 mm. Se observa que el volumen total de escorrentía superficial es de 141,6 m³.

3 Hidrograma de salida en la unión de las subcuencas aguas arriba, subcuenca Este para la lluvia de diseño 52,65 mm. Por tanto el volumen de agua que se añade tras la lluvia de diseño es de 168,8 m³.

4 Hidrograma de salida en la unión de las subcuencas aguas arriba, subcuenca Este para la lluvia de diseño 131,09 mm. Por tanto el volumen de agua que se añade tras la lluvia de diseño es de 1.154,1 m³.

Con toda esta información puede ejecutarse la simulación y obtener resultados. Los resultados que son interesantes serán aquellos de la subcuenca **Puigmal-Indiu** para conocer el volumen de agua que puede detenerse antes de llegar a Es Mercadal. El volumen que proviene de las subcuencas de **El Toro-Mercadal y el de Llinarix - Montpalau** también será interesante ya que son dos subcuencas de un tamaño importante, por tanto con un aporte de escorrentía superficial nada despreciable y a media altura de toda la cuenca por tanto aún puede plantearse uso.

Para la **subcuenca de Puigmal – Indiu** se observa que el **volumen total de escorrentía superficial es de 22,9 m³ (para una lluvia de 52,65 mm) y de 141,6 m³ (para una lluvia de 131,09 mm)**. Estos valores de volúmenes son los que nos permitirán proyectar las balsas de almacenaje de agua para saber sus dimensiones. Necesitaremos estudiar la variación pluviométrica para conocer cómo se distribuyen estas lluvias de diseño alrededor del año para poder presentar una curva de llenado de dichas balsas de almacenaje. El vaciado lo conseguiremos conociendo el uso que daremos a dicha agua almacenada. A partir del caudal de salida podremos estimar una curva de llenado - vaciado. Cabe destacar que el volumen calculado en la unión de las subcuencas integra el volumen que pretendemos retener en cabecera por tanto se ha de substraer ese valor del volumen para conocer la aportación total.

Como se ha visto previamente, **el volumen en cabecera es de 22,9 m³ (para una lluvia de 52,65 mm) y de 141,6 m³ (para una lluvia de 131,09 mm), por tanto el volumen de agua que se añade tras la lluvia de diseño es de 168,8 m³ (para una lluvia de 52,65 mm) y de 1.154,1 m³ (para una lluvia de 131,09 mm)**.

Como las subcuencas de Llinarix - Montpalau de 8,7 km² y la de El Toro – Mercadal de 6,59 km² tienen un área mucho mayor la aportación será muy elevada tal y como se observa, tanto en el hidrograma como en el volumen almacenado.

el estudio hidráulico

pp |

48 | modelado hidráulico mediante HEC-RAS

51 | secciones longitudinales y transversales por tramos

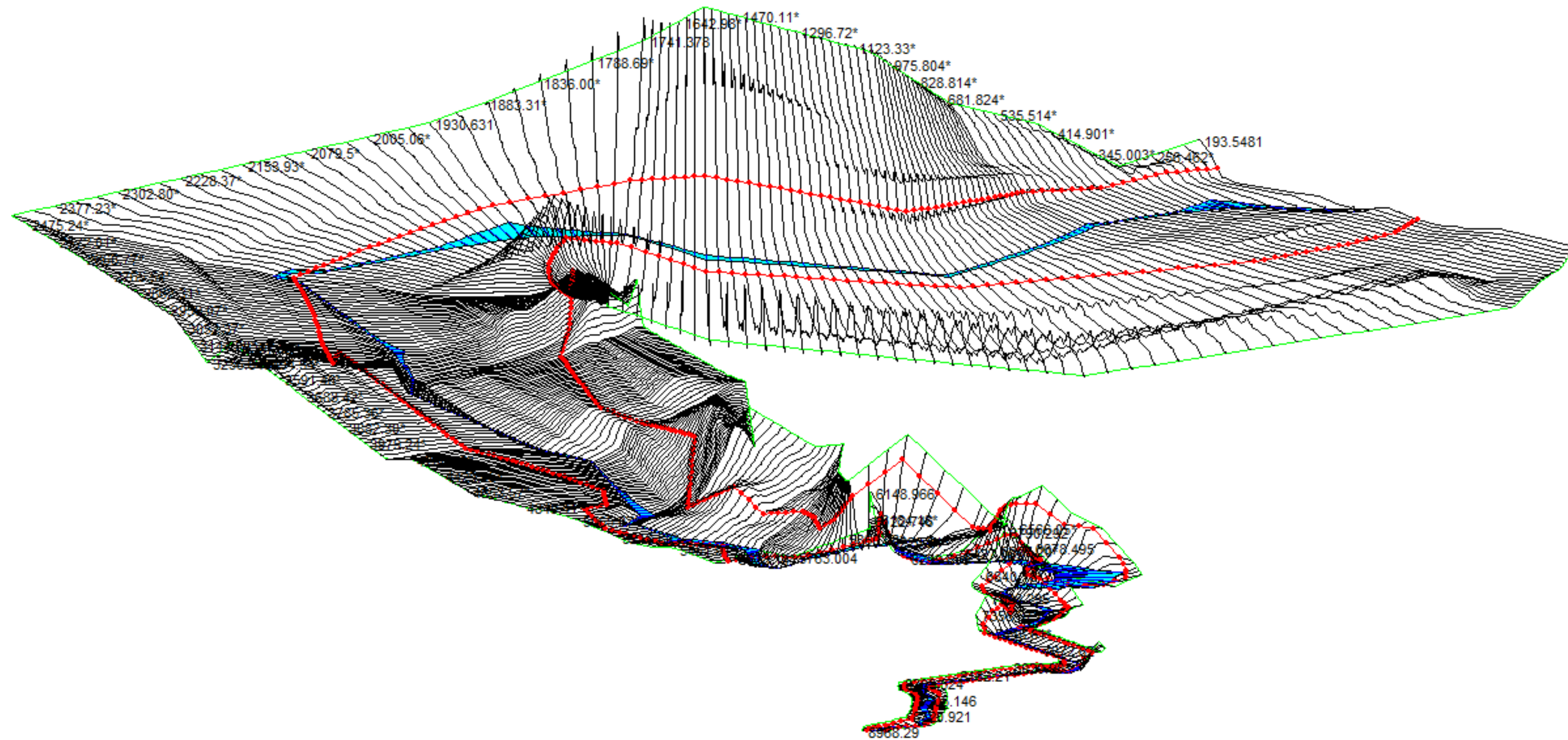
tramo I Mercadal

tramo II Barbatx

tramo III Lluriac

tramo IV Cala Tirant

modelado hidráulico mediante HEC-RAS

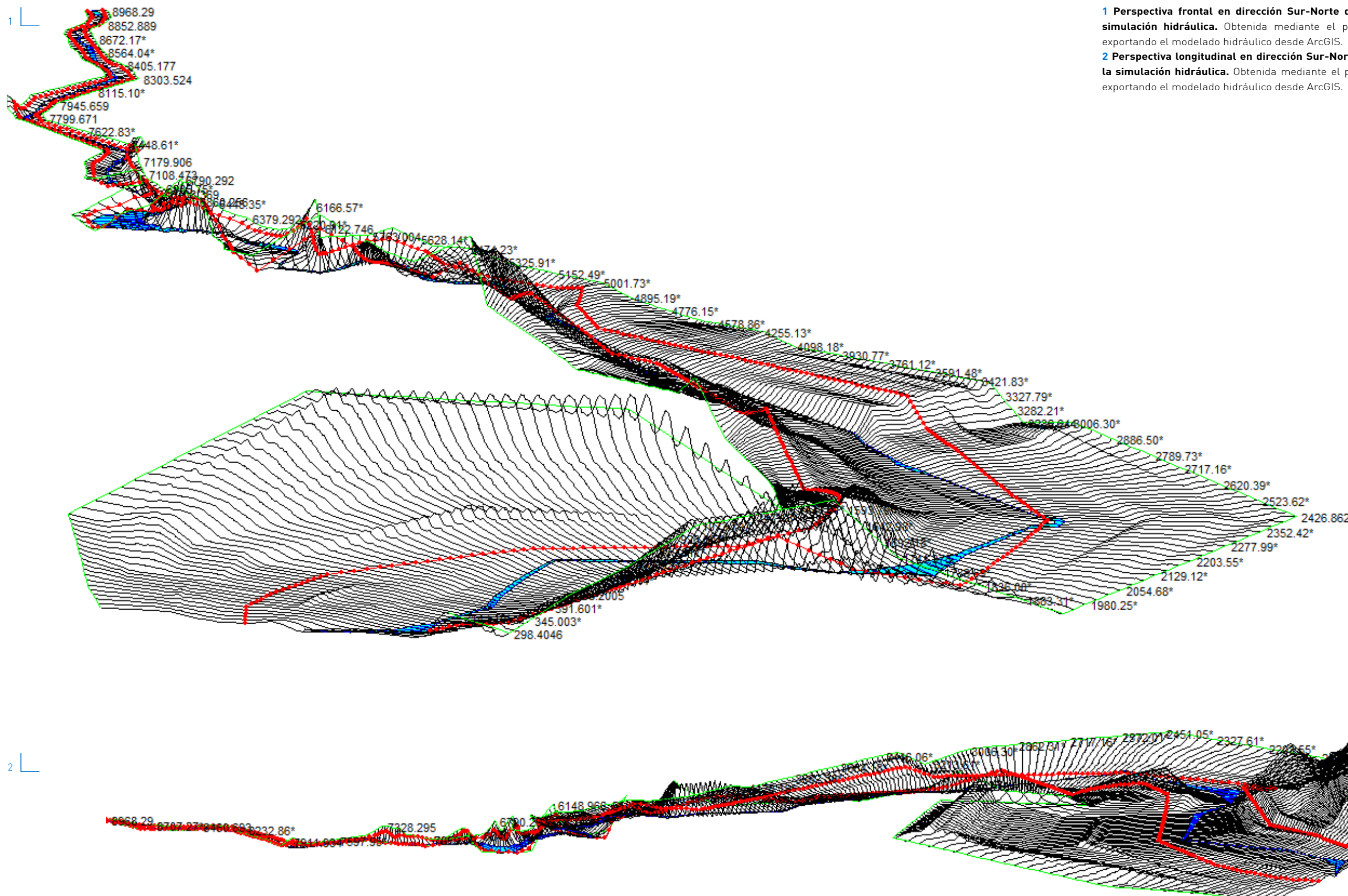


Aunque con menor importancia en términos de abastecimiento de agua y manejo de la demanda, cabe también mencionar a los modelos hidrodinámicos. Normalmente, estos modelos son desarrollados para rastrear la propagación del agua a través de un sistema de cuencas en periodos de tiempo muy cortos (por ejemplo, minutos u horas). Los modelos hidrodinámicos de HEC incluyen el HEC-RAS, que es un modelo unidimensional para

cálculos hidráulicos y perfiles de agua superficial. Como se conoce el volumen de agua del que se dispone se pueden obtener las curvas de llenado – vaciado, y por tanto, el caudal que tendremos entrante al sistema. Mediante el software HEC-RAS podemos proceder al modelado hidráulico exportando la información desde ArcGIS. Para poder proceder a la simulación se necesita una geometría en forma de secciones transversales y

ordenada longitudinalmente que se conseguirá mediante el paquete GeoHEC-RAS. Una vez obtenida la geometría se necesitan las condiciones de contorno en este caso los caudales de entrada y salida del sistema que vienen determinados por las curvas de llenado – vaciado planteadas. Con todos estos datos se puede ejecutar la simulación hidráulica obteniendo los siguientes perfiles.

1 Perspectiva del resultado de la simulación hidráulica. Obtenida mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.



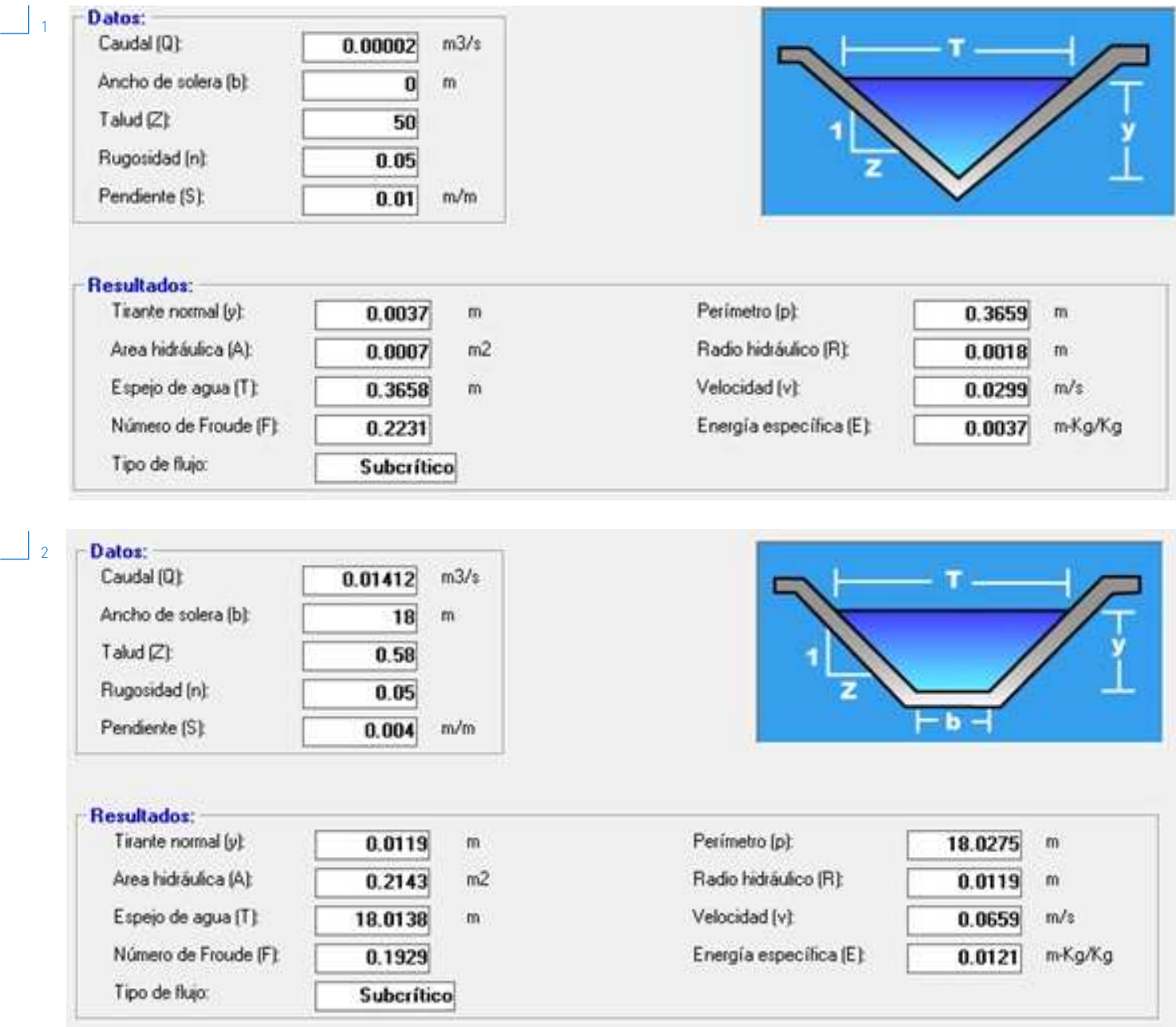
1 Perspectiva frontal en dirección Sur-Norte del resultado de la simulación hidráulica. Obtenida mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.

2 Perspectiva longitudinal en dirección Sur-Norte del resultado de la simulación hidráulica. Obtenida mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.

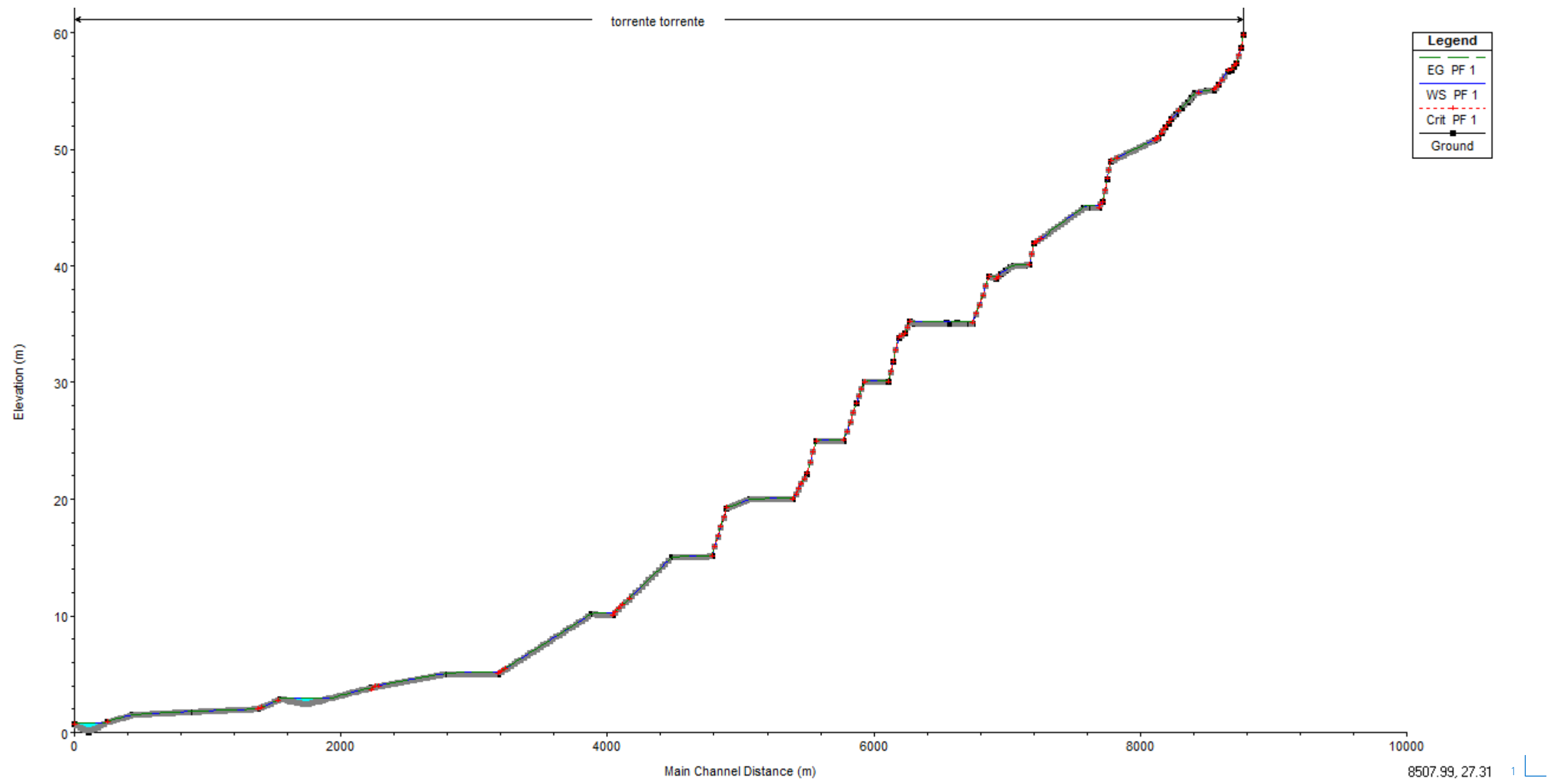
secciones longitudinales y transversales por tramos

El caudal representado está aumentado para que sea más visible la lámina de agua en el entorno pero a continuación se adjuntan cálculos con los resultados de calado y espejo de agua para los valores propuestos del proyecto.

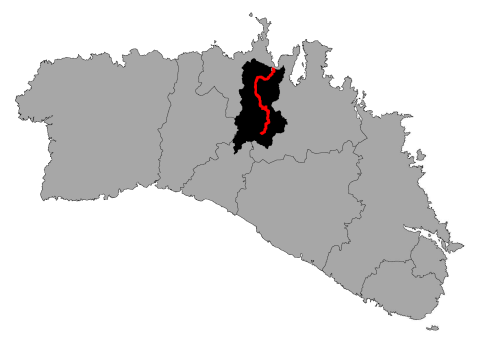
1 Cálculos de calado y espejo de agua para un caudal de 0.04 l/s.
2 Cálculos de calado y espejo de agua para un caudal de 14,12 l/s.
La primera ilustración hace referencia a aguas arriba mientras que la segunda sirve para aguas abajo. Cabe decir que aunque no son canales prismáticos se ha procedido al cálculo como si lo fuera simplemente para tener un orden de magnitud de la recuperación del espacio fluvial.



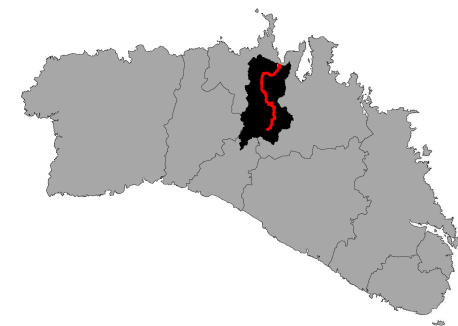
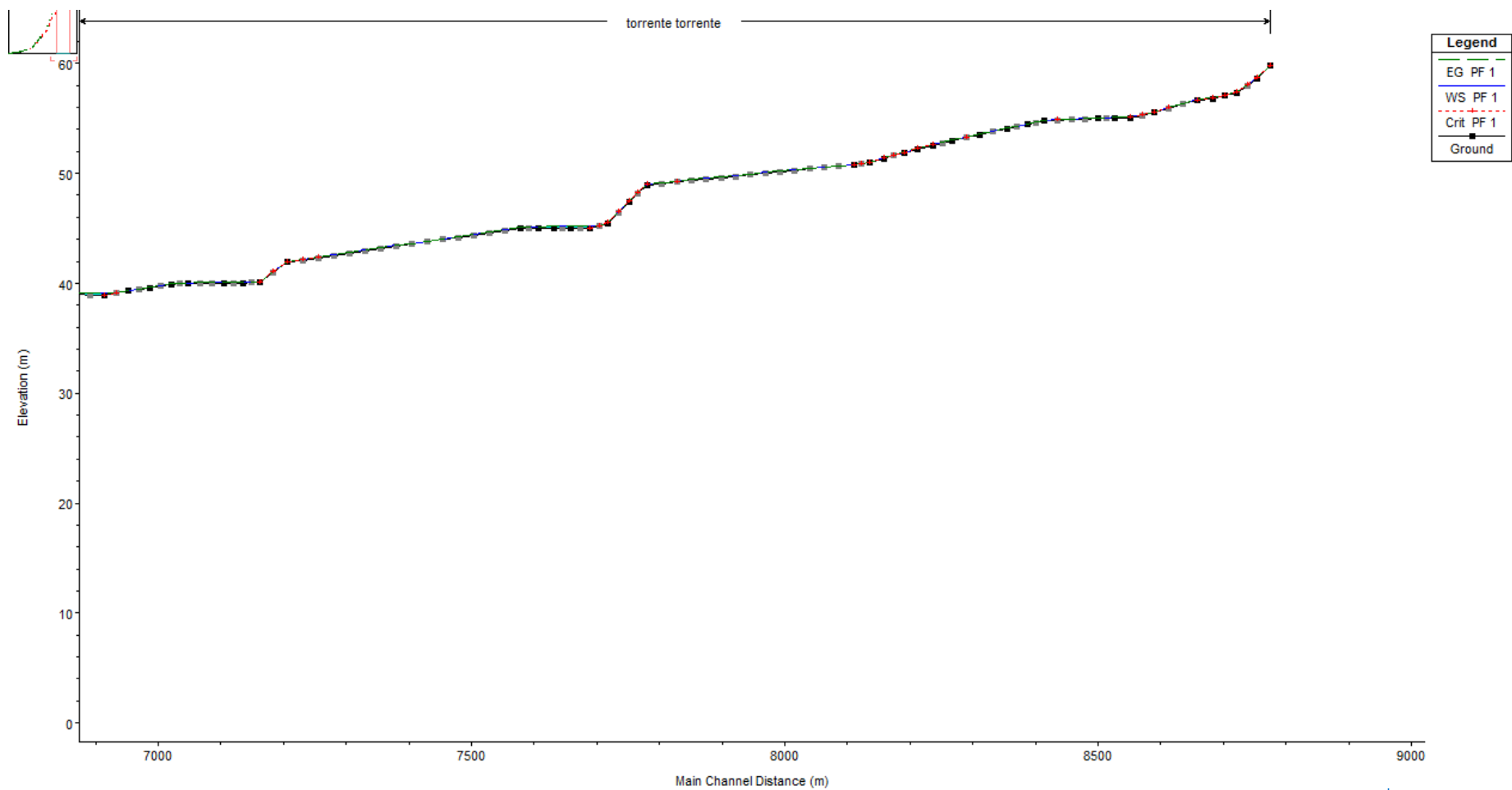
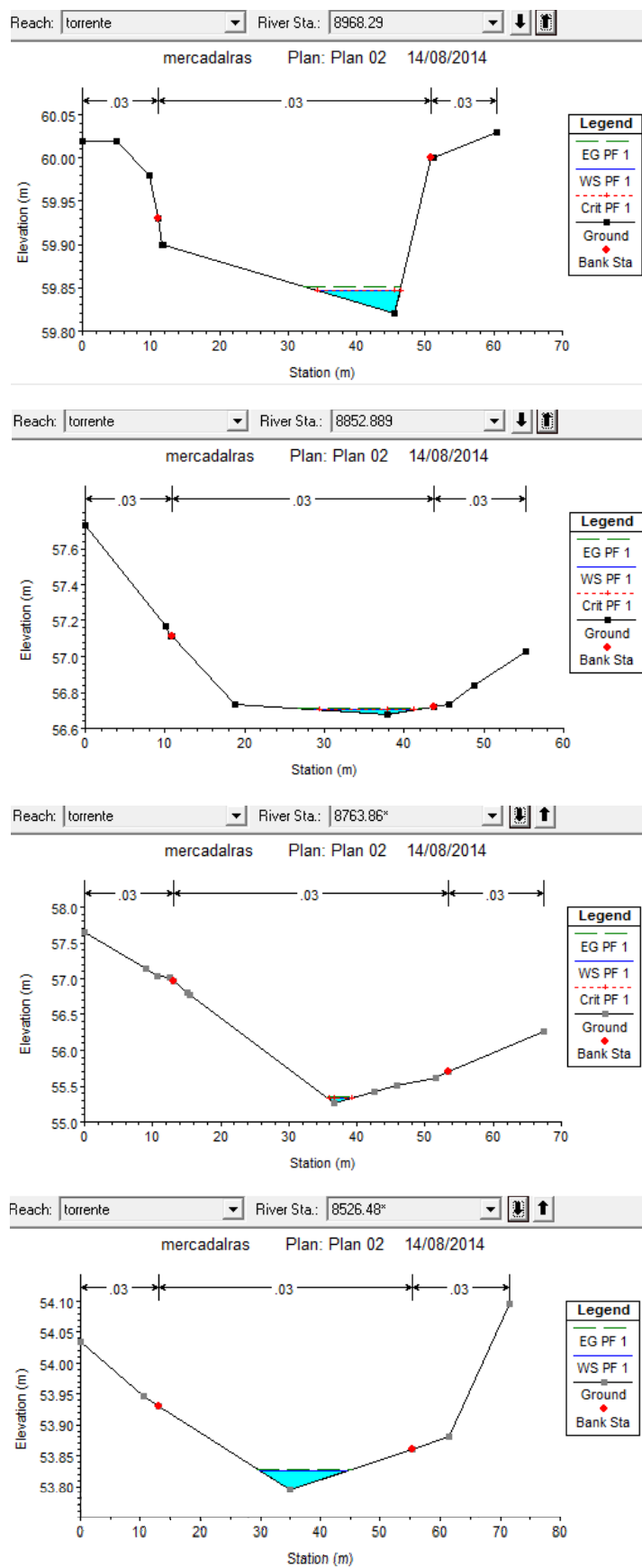
secciones longitudinales y transversales por tramos



1 Perfil longitudinal en altura del torrente Mercadal. Obtenido mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.



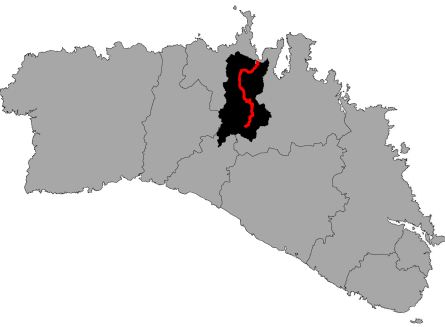
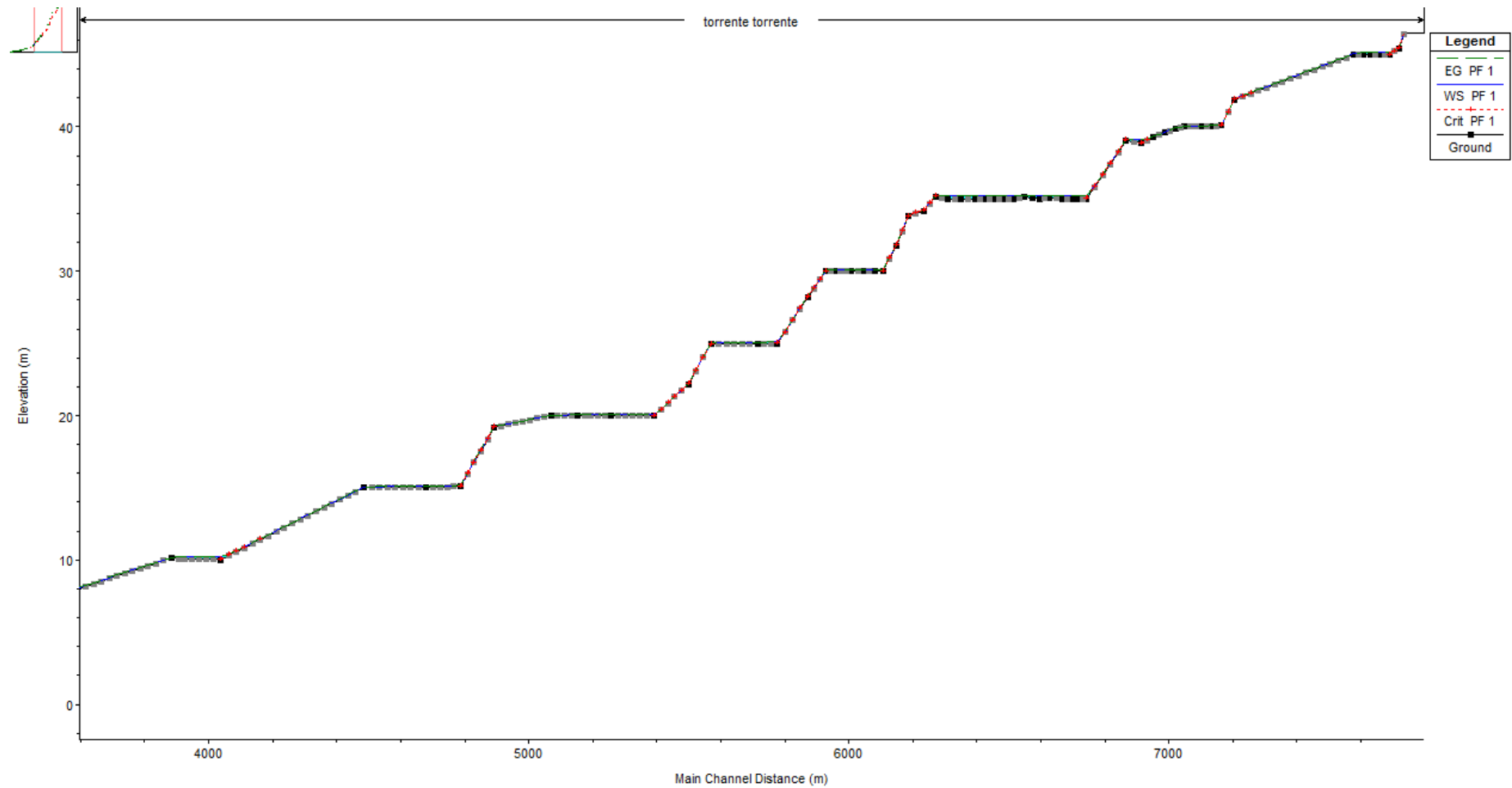
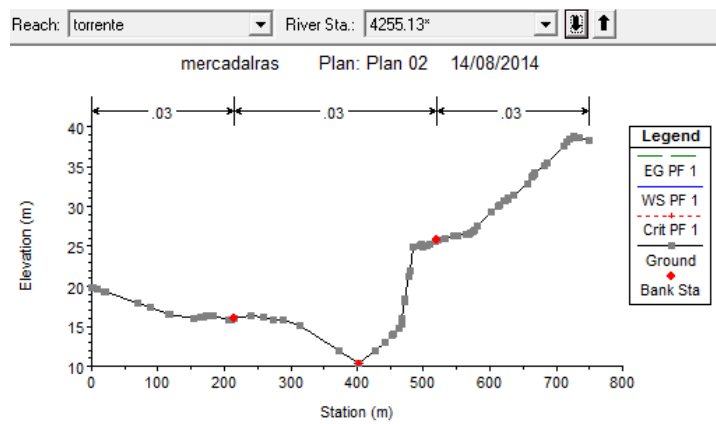
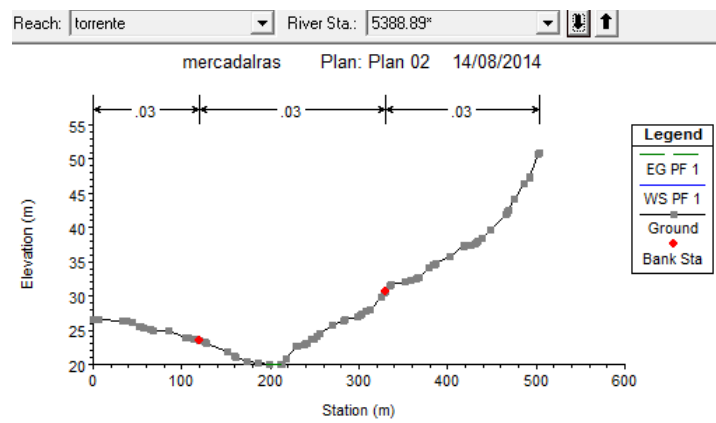
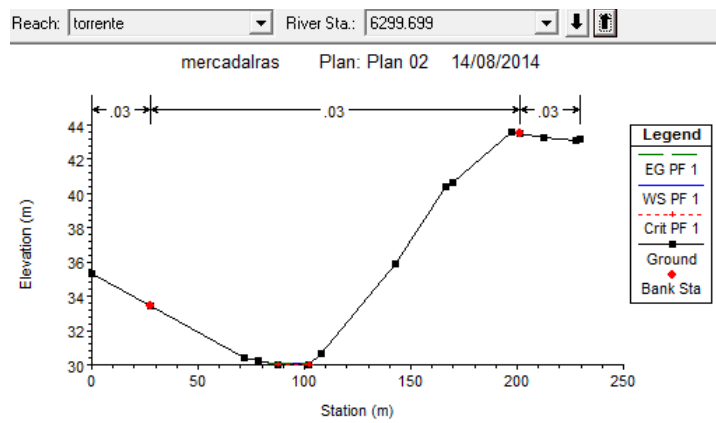
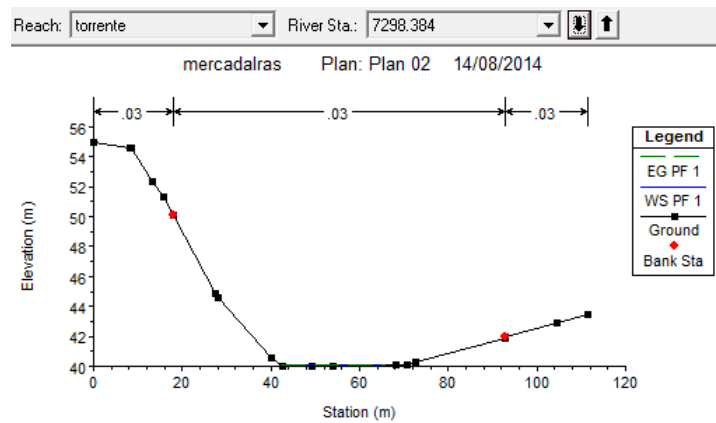
tramo I: Mercadal



1 Perfil longitudinal en altura del tramo alto del torrente Mercadal. (tramo Mercadal).

2 Serie de perfiles transversales del tramo alto del torrente Mercadal, (tramo Mercadal).

Obtenidos mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.

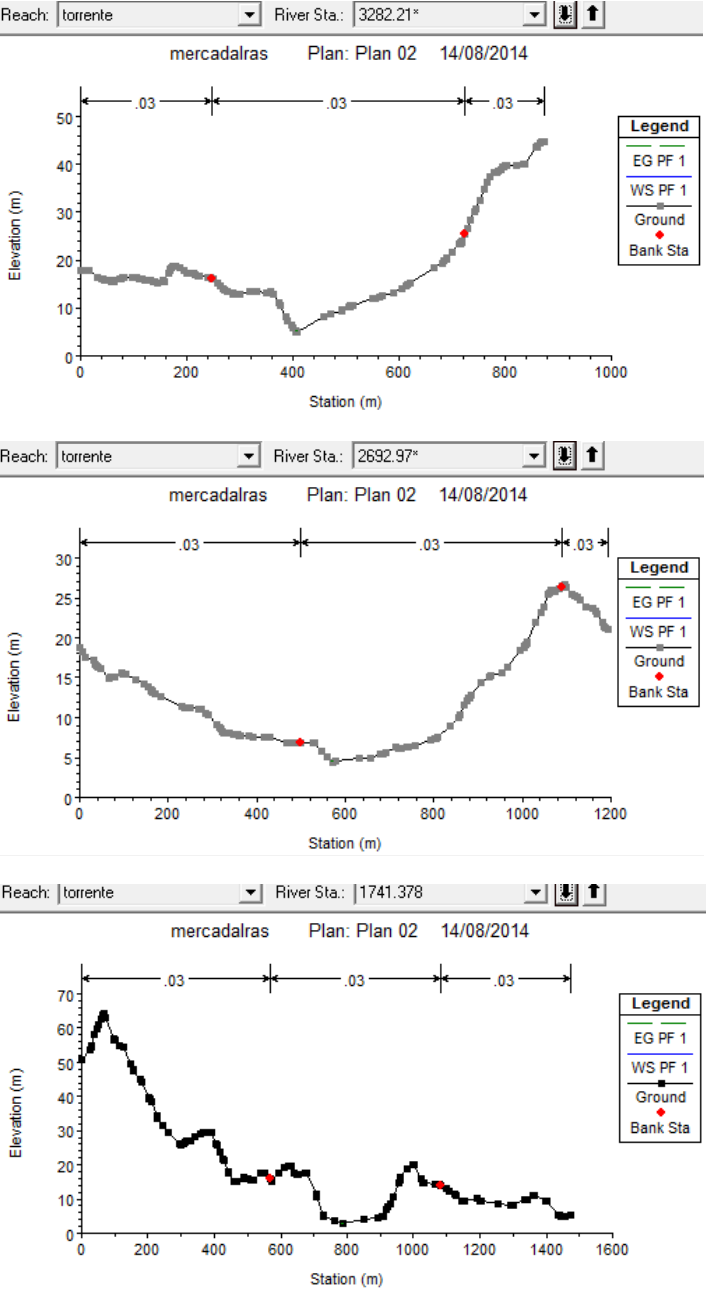


1 Perfil longitudinal en altura del tramo intermedio del torrente Mercadal, (tramo Barbatx).

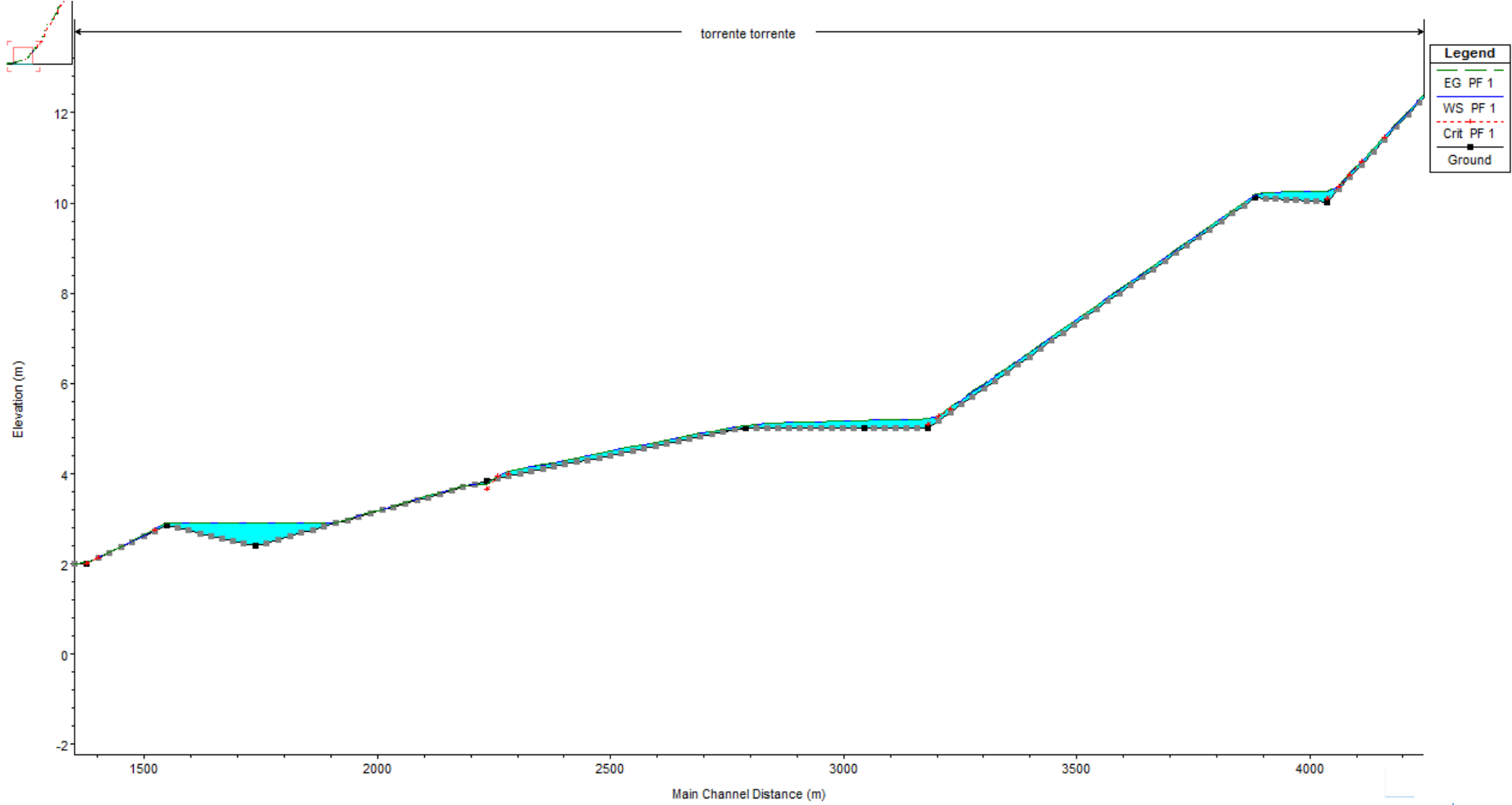
2 Serie de perfiles transversales del tramo intermedio del torrente Mercadal, (tramo Barbatx).

Obtenidos mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.

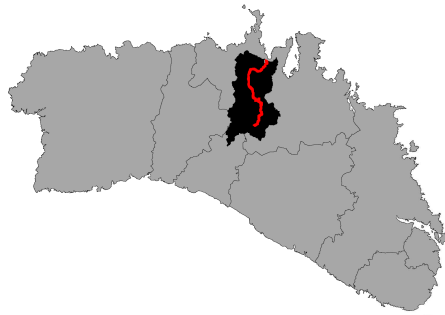
tramo III: Lluriac



2

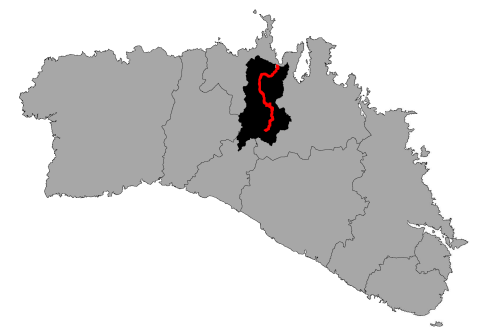
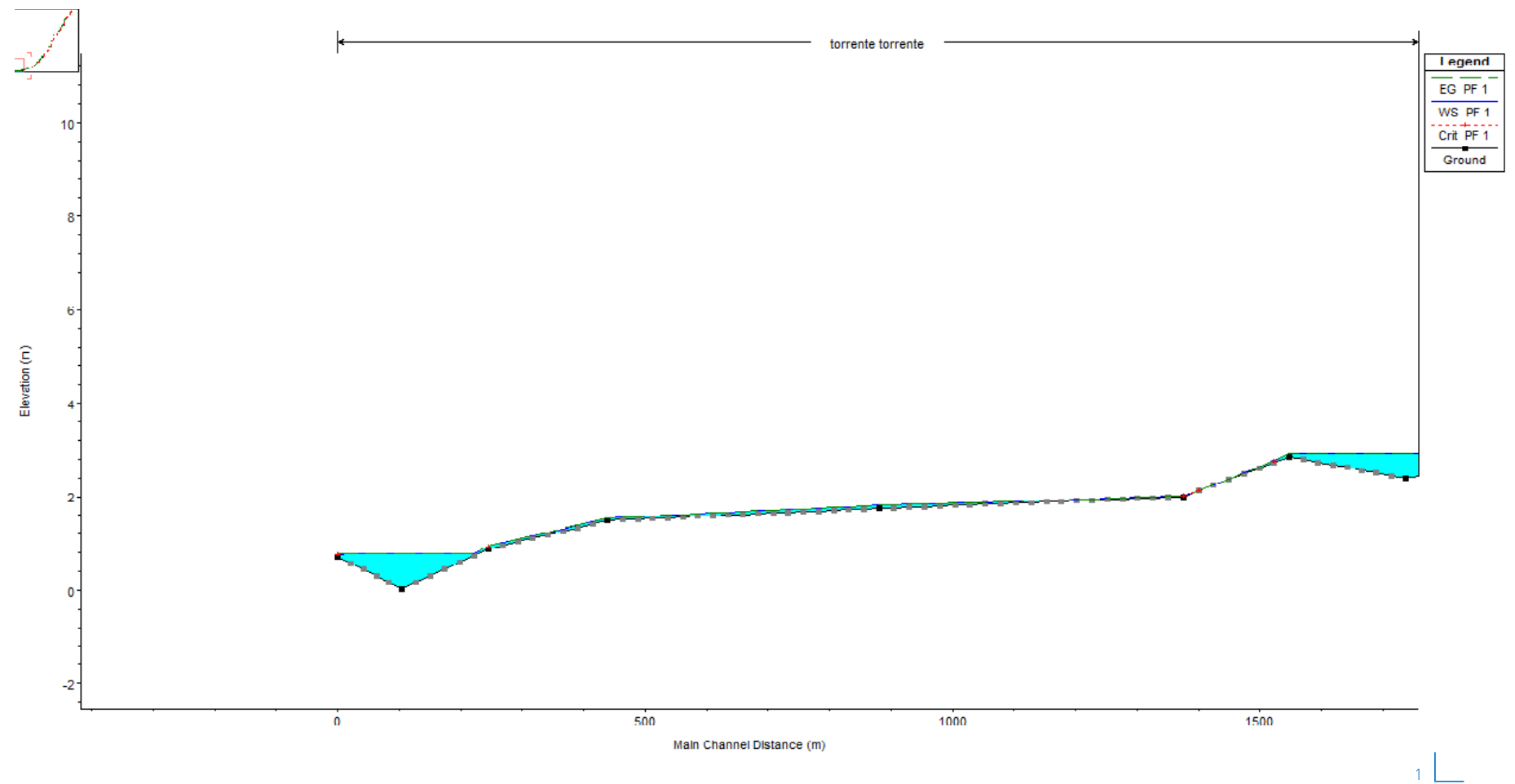
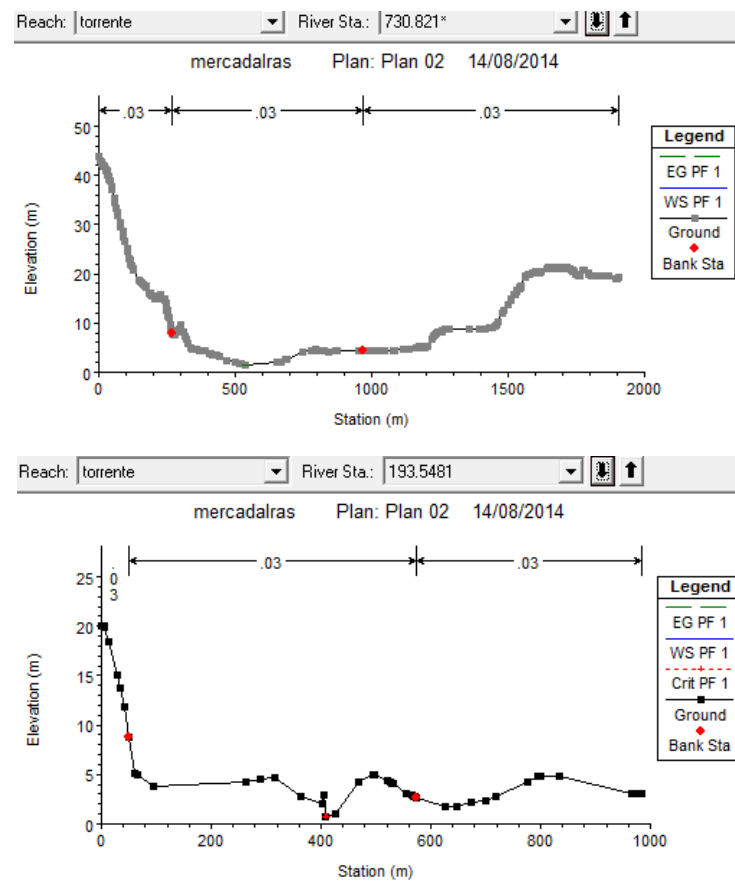


1



1 Perfil longitudinal en altura del tramo intermedio del torrente Mercadal, (tramo Lluriac).
2 Serie de perfiles transversales del tramo intermedio del torrente Mercadal, (tramo Lluriac).
Obtenidos mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.

tramo IV: Cala Tirant



1 Perfil longitudinal en altura del tramo desembocadura del torrente Mercadal, (tramo cala Tirant).

2 Serie de perfiles transversales del tramo intermedio del torrente Mercadal, (tramocala Tirant).

Obtenidos mediante el programa HEC-RAS, exportando el modelado hidráulico desde ArcGIS.

└ paisajes del manejo hídrico

propuestas para una gestión del territorio con criterios y objetivos hídricos y paisajísticos

la estrategia: Mercadal, el paisaje del manejo hídrico

pp |

61 | la estrategia

62 | integrando enfoques

 enfoque hídrico

 enfoque ecológico

 enfoque social

63 | Mercadal paisaje del manejo hídrico

 balsas de captación

65 | actuaciones propuesta general: recuperación del torrente

 tramo alto Mercadal

 tramo medio Barbatx

 tramo medio Lluriac y bajo Cala Tirant

la estrategia: Mercadal, el paisaje del manejo hídrico.

la estrategia

A partir de consideraciones analizadas previamente en los capítulos II y III, se ha construido una sólida base desde aproximaciones hidrológicas, morfológicas, ecológicas y socioculturales, para la definición de una estrategia de integración hídrica y paisajística, llamada: *"Mercadal, el paisaje del manejo hídrico"*. Estrategia que busca la recuperación del ecosistema Mercadal a partir de la gestión integrada del territorio, sus aguas y recursos vivos para promover su restauración, conservación y utilización sostenible en el tiempo.

La integración propone estrategias de planificación y diseño desde la actuación de la ingeniería y la arquitectura para asumir una relación especial con el lugar, a partir de los procesos del entorno con los que interac-

ciona. Compatibilizando las infraestructuras existentes (canal Mercadal), las estructuras de manejo ambiental (control y gestión de balsas de captación) de las que formará parte aprovechándolas y desarrollándolas, y las pautas estéticas y de significados (tramas, valores y espacio público) recuperándolas.

Se trata de una estrategia de manejo hídrico y paisaje, pues mediante el control y gestión de las balsas, la inserción del espacio público y una trama social organizada se gestiona el ecosistema Mercadal. En definitiva se trata de promover investigación científica y comunidades públicas del agua para impulsar el desarrollo sostenible, a partir de tecnología adecuada y estrategias de manejo ambiental.

integrando enfoques

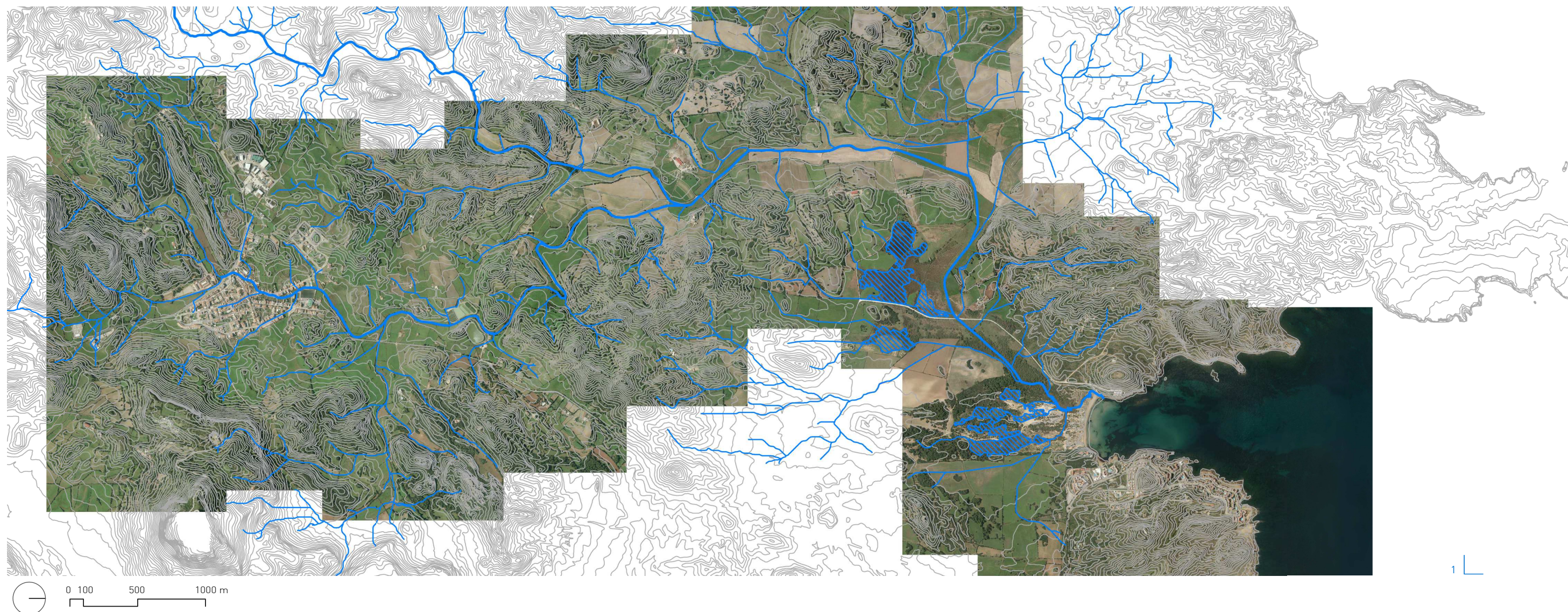
En este contexto, el enfoque por ecosistemas, que surge en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, en su segunda reunión, celebrada en Yakarta en noviembre de 1995, es el primero y único tratado internacional que adopta un enfoque holístico, basado en la gestión de los ecosistemas, pero no excluyendo otros enfoques de gestión como puede ser el hídrico y el ecológico y social, que pueden dar apoyo ante la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica. El enfoque por ecosistemas, se ha establecido como uno de los pilares sobre los que descansa la labor internacional en favor del desarrollo sostenible.

Por consiguiente, la estrategia *"Mercadal, el paisaje del manejo hídrico"*, para tener en cuenta todos sus procesos

y su gran complejidad, exige de esta compatibilidad y conciliación además de una gestión adaptable a sus variaciones en el tiempo.

"El enfoque por ecosistemas exige una gestión adaptable para tratar con la índole compleja y dinámica de los ecosistemas y con la ausencia de un conocimiento o comprensión completa de su funcionamiento. Los procesos de los ecosistemas son frecuentemente no lineales y los resultados de tales procesos presentan frecuentemente lagunas temporales. Como resultado de ello existen discontinuidades que provocan sorpresas e incertidumbre. La gestión debe ser adaptable para poder dar una respuesta a tales incertidumbres e incluir elementos de "aprendizaje en la práctica" o de información derivada de investigaciones. Tal vez sea necesario adoptar medidas, incluso cuando no se han establecido científicamente las relaciones completas de causa y efecto." (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2004).

1 Relieve y estructura hídrica de la cuenca Mercadal sobre ortofoto 2010. La ortofoto ha sido facilitada por el OBSAM.





1



2

1 Vista torrente tramo Lluriac en Noviembre.
2 Vista torrente tramo Lluriac en Mayo. Fotografías de Carreras, D. (OBSAM).

enfoque hídrico

Sin duda, el torrente Mercadal es algo más que un canal natural de evacuación de agua y sedimentos procedentes de su cuenca, y su implicación e influencia en el mosaico de ribera y los usos de su entorno es tan clara que ha de ligarse al medio que atraviesa. Así, si el torrente consigue mantener un caudal de mantenimiento de Noviembre a Mayo, permitiría restaurar la presencia de una ribera, la regeneración de un bosque de ribera y un camino natural.

Para ello se propone el cambio de modelo hídrico, basado en un ciclo hidrológico intensificado, a partir del manejo de balsas de agua a lo largo de la cuenca de Mercadal, para obtener un intercambio entre el almacenamiento de agua, procedente de las escorrentías de lluvias torrenciales, y la evacuación de estas balsas actuando como reservorios que garantizan mantener un caudal continuo para la restauración del torrente de Mercadal, durante el período de lluvia.

El funcionamiento hidráulico de este “*río estacional*”, con balsas de captación de agua permite reducir la intensidad de la avenida (produciendo el efecto llamado de “laminación de avenidas”), frenar los procesos erosivos, exaltar los positivos (aporte de nutrientes y sedimentos, aumento de la fertilidad de los suelos, transferencia hídrica) y permite la colonización y el desarrollo de la vegetación de ribera, en las diferentes condiciones de suelo, (rural y urbano) concurriendo diversidad, funcionalidad ecológica, singularidad y valor estético a estos espacios.

Además, el caudal aguas abajo es mayor por que va sumando aportes de la cabecera de la cuenca, y el aporte de la depuradora lo que permite compatibilizar con otros usos como el de regadío para fincas agrarias, inundar el gran humedal de Lluriac, espacio fluvial de gran interés ambiental y paisajístico, y recargar acuíferos.

enfoque ecológico

Atendiendo al funcionamiento ecológico, analizado a través de sus tres dimensiones espaciales¹, (González del Tánago y García de Jalón, 2007), el corredor fluvial Mercadal pasaría a ser un sistema continuo en su eje longitudinal, gracias a los reservorios calibrados para manejar la continuidad del flujo de agua y una cierta variabilidad del caudal, asegurando con ello una “*zona-ción longitudinal de la vegetación riparia y la existencia de un mosaico de hábitats fluviales conectados entre sí a lo largo del corredor fluvial*” (González del Tánago y García de Jalón, 2007). La dimensión longitudinal representa el eje central, atendiendo a los factores físicos relacionados con ella (altitud, pendiente, etc.), a lo largo del torrente Mercadal genera valles estrechos en “V” (tramo alto Puigmal-Indiu) con vegetación de ribera y la gran presencia del tamarisco (vegetación autóctona), amplios valles urbanos donde el pueblo, muy pobres en vegetación y otros de campos de cultivo con el torrente canalizado en “U” con muros de piedra seca en tramos medios, y bajos con llanuras aluviales y zonas de inundación (marismas LLuriac). Desde su nacimiento hasta su desembocadura, el corredor recupera los numerosos y diferentes tipos de ecosistemas que van surgiendo a lo largo de su recorrido, en sus ejes transversal y vertical. La dimensión transversal necesita de la ampliación de las márgenes del torrente, donde se restaura la presencia de una vegetación de ribera y un camino natural. Siguiendo el eje transversal del río, “*desde el centro del cauce, y en función de la sección del terreno se pueden distinguir diversas comunidades vegetales*” (González del Tánago y García de Jalón, 2007). Esta conectividad transversal de los distintos hábitats y mosaicos existentes en las riberas y llanuras de inundación mantiene una heterogeneidad y biodiversidad ecológica con gran incidencia en los paisajes fluviales.

La dimensión vertical se produce en el substrato situado por debajo del lecho del cauce. “*A través de este substrato o medio hiporreico se producen una serie de flujos subsuperficiales y subterráneos de agua, nutrientes y organismos de gran importancia en el funcionamiento ecológico de los cauces y sus riberas, que permiten el mantenimiento de los hábitats que inciden en la configuración de los paisajes fluviales*” (González del Tánago y García de Jalón, 2007).

enfoque social

Desde el funcionamiento ecológico y sus tres dimensiones espaciales, se liga el proyecto del camino que lo recorre que fomenta la relación vivencial, la empatía con el paisaje mediante el uso y disfrute del espacio público, la divulgación de la cultura del agua y la importancia de preservar las formas de vida en su cuarta dimensión, la temporal.

Para poder implantar la gestión integrada, se necesita la creación de una sociedad del agua de Menorca, encargada de elaborar el plan de gestión y un plan de actuaciones y medidas para llevar a cabo la recuperación del espacio fluvial.

¹funcionamiento ecológico, analizado a través de sus tres dimensiones espaciales, (González del Tánago y García de Jalón, 2007),

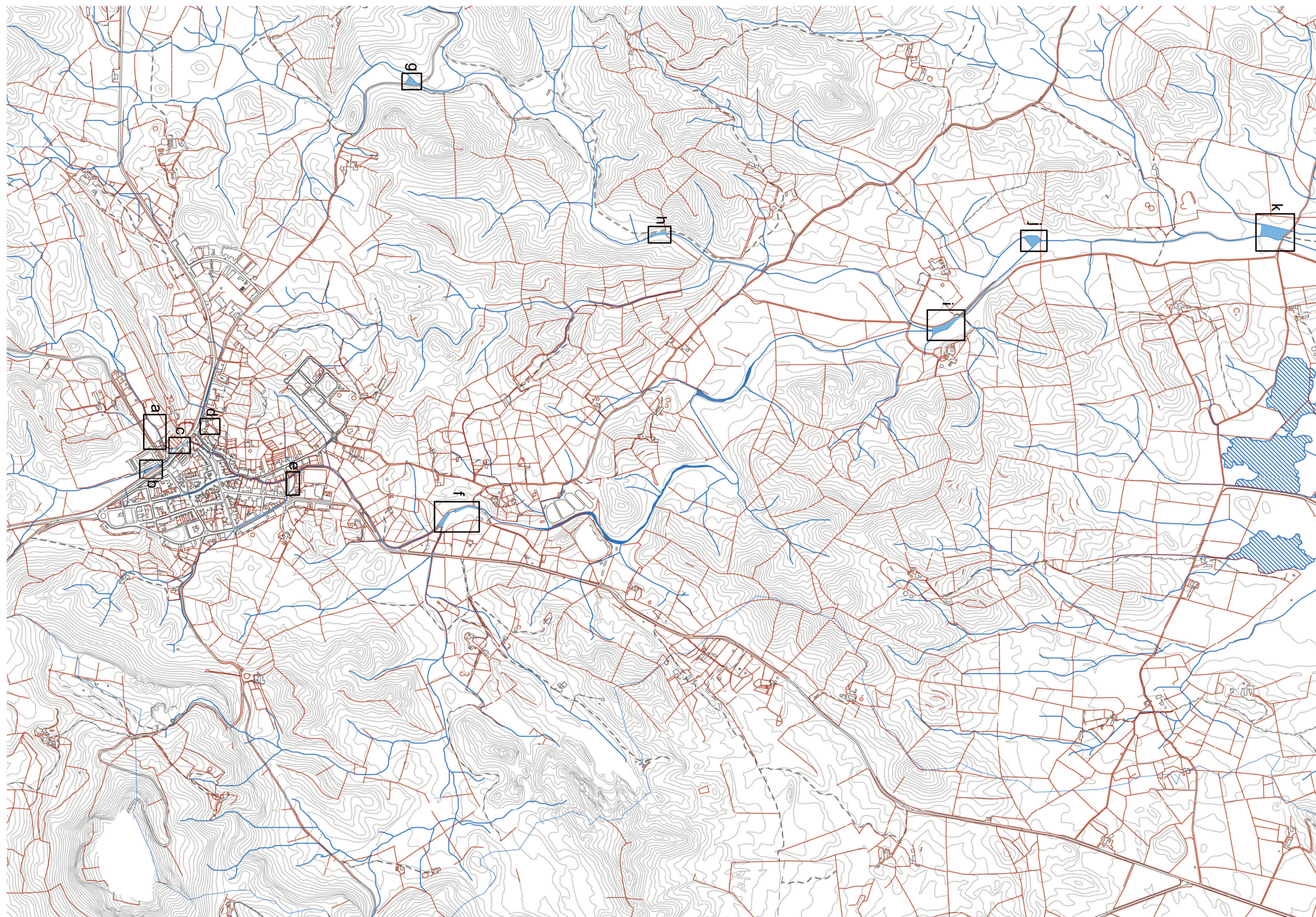
Mercadal, paisaje del manejo hídrico

La cuenca del “río estacional” Mercadal, con una longitud de 10,5Km, se divide en cuatro tramos, por suponer zonas con fines diferenciados de planeación y manejo hídrico de la propuesta, definidos por cuatro subregiones principales: 1) Tramo alto Mercadal, con las subcuencas de Puigmal-Indiu y Mercadal pueblo 2) Tramo medio Barbatx; con la subcuenca el Toro-Mercadal, 3) Tramo medio Lluriac con la subcuenca Lluriac-Cavalleria que confluye con el torrente Montpalau: subcuencas Llinaritz-Montpalau, y 4) el Tramo bajo Cala Tirant, que a su vez confluye con el efluente de la subcuenca Son Moscard.

El tramo alto mercadal, se inicia con dos balsas de captación (balsa “a” 100m3; balsa “b” 132m3) y otras más pequeñas a su paso por el pueblo (balsa “d” 40m3 y balsa “e” 113m3); el tramo medio Barbaitx dispone de una balsa en cascada (balsa “fa” y “fb” total 344m3); el tramo medio Lluriac de tres reservorios (balsa “i” 1.060m3; balsa “j” 126m3; balsa “k” 310m3), para gestionar el agua captada en el torrente Montpalau con dos balsas más (balsa “l” 307m3; balsa “m” x257m3).

El área de manejo hídrico queda integrada por un conjunto de cinco subcuencas, de mediana a pequeña superficie (1.246 a 261 hectáreas), Puigmal-Indiu, Mercadal pueblo, el Toro-Mercadal, Llinaritz-Montpalau, Lluriac-Cavalleria, donde se sitúan las ocho balsas de captación por procesos de escorrentía superficial, en respuesta principalmente a las lluvias torrenciales de Septiembre a Abril. Sin embargo, entre los meses de Mayo y Agosto (4 meses) correspondientes a la época seca, no existen corrientes de agua superficiales y el déficit de agua en toda el área es muy alto, no solamente por la falta de lluvias sino también por las altas temperaturas del aire y el efecto del viento. La mayoría de las lluvias son de gran volumen y escurren rápidamente, aunque también pueden caer distribuidas en varios días seguidos. La superficie de este sistema hidrográfico es de 3371 Ha (33.71 Km2). El relieve muestra un gradiente altitudinal sur-norte. Las secciones superiores de las cuencas alcanzan altitudes de 70msnm. Esta amplitud del relieve que ocurre en distancias relativamente cortas, crea condiciones climáticas similares entre las partes altas, medias y bajas de las cuencas.

El acceso a las balsas será por la carretera general que une las tres poblaciones principales de la isla Ciutadella, Mercadal y Mahón, llamada s'Hort des Jurats a su paso

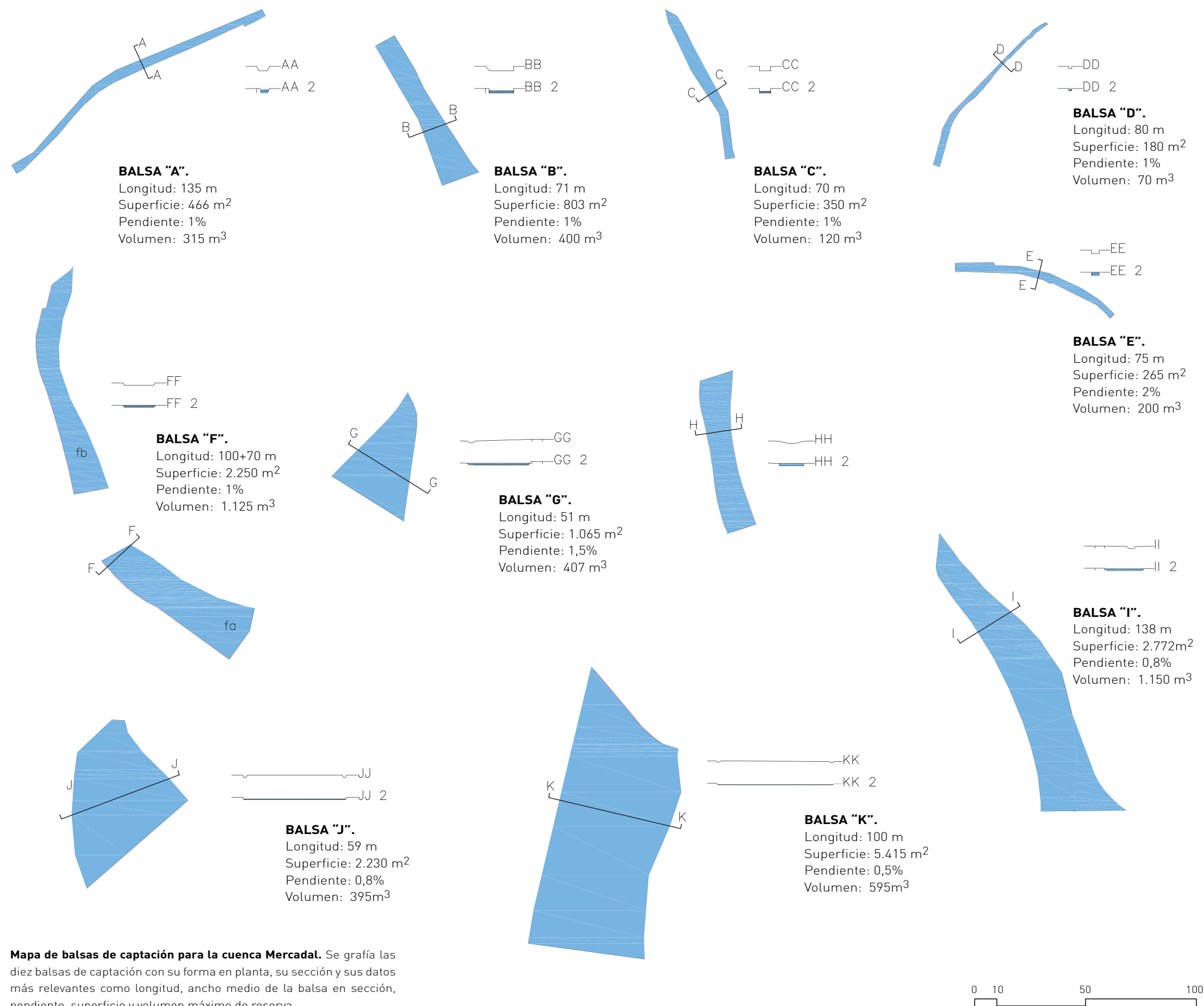


por es mercadal, por la cual se accede a las balsas en cabecera del pueblo. A las otras dos dentro de Mercadal desde el viario del pueblo. Para el resto más hacia el interior por la carretera Camí de Tramuntana que lleva a

la depuradora. Todas ellas se han dispuesto de forma que garantizan su fácil acceso y se ha buscado un elemento de control (abertura/cierre) de cada balsa, coincidente con un puente o algún tipo de paso.



1 Situación balsas para la cuenca Mercadal. Se muetsra la propuesta de balsas de captación para la recuperación del torrente.

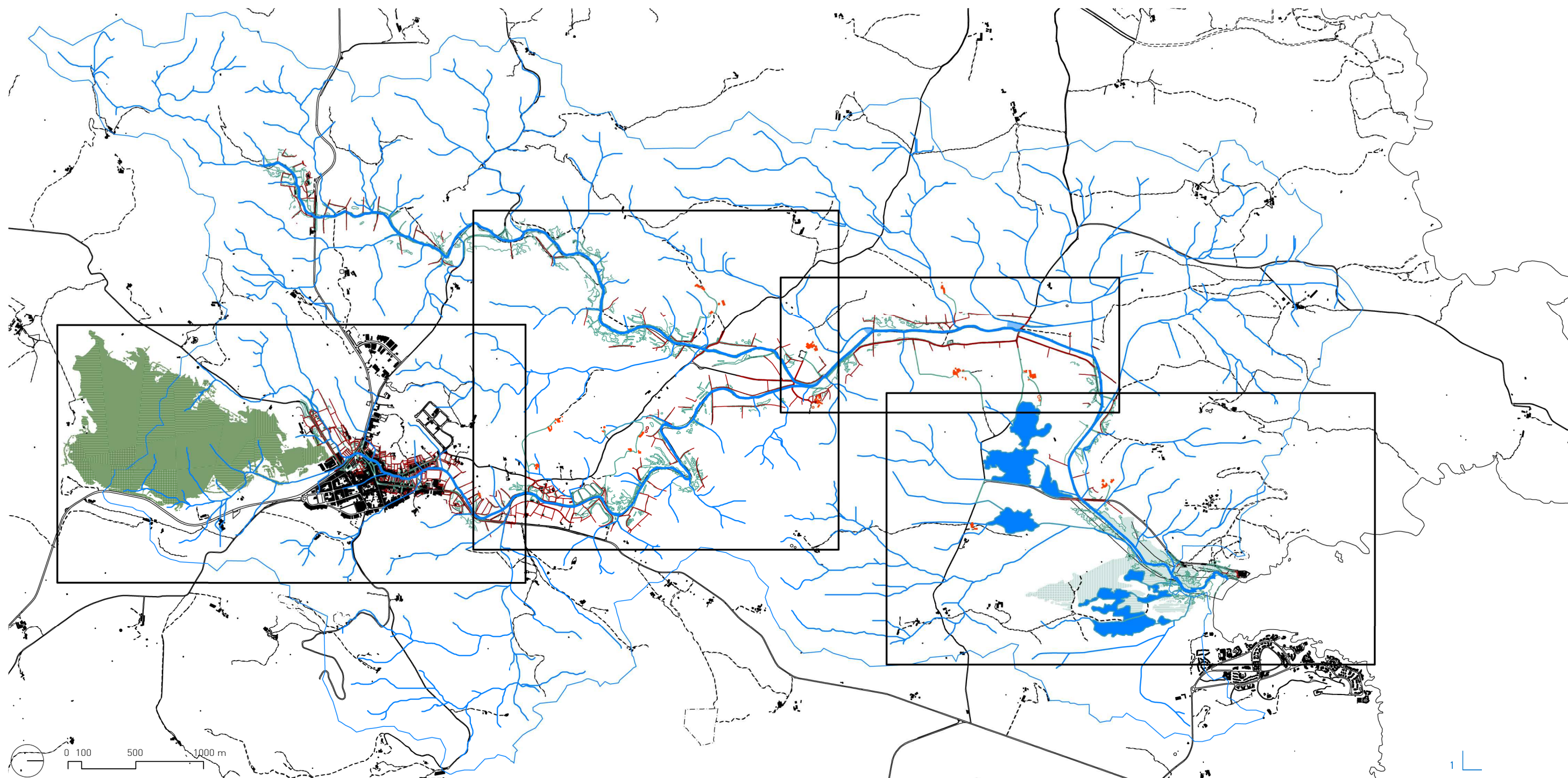


Las balsas se han definido a partir de su volumen máximo de captación, obtenido a partir de la simulación con HEC-HMS, considerando además un factor de seguridad debido al factor de incertidumbre climática. A partir de la cartografía se sitúa la superficie ocupada por el agua de almacenamiento para episodios punta de captación, teniendo en cuenta la pendiente del terreno, para definir el límite de la lámina del agua de la balsa en su estado máximo. Se realiza a partir de la topografía buscando que la balsa tenga una pendiente suave, para provocar mayor oportunidad de se establezcan distintas comunidades de vegetación, que mejora la calidad del agua al fijar los sólidos en suspensión y retirar nutrientes, lo que aumenta su transparencia. Se aprovecharán donde sea posible los muros de piedra seca para la construcción de estas balsas naturalizadas con un sustrato natural, fondo cóncavo y pendientes menores del 20%, para favorecer el intercambio de relaciones físico-químicas y biológicas con el suelo, repercutiendo muy positivamente en la calidad del agua.

La sección longitudinal se diseña con pendiente escalonada en la dirección el flujo, entradas y salidas de la balsa, ayuda a oxigenar el agua y permite disipar su energía. Considerando el gran volumen de agua que almacena en relación con el consumo del torrente, implica una muy baja velocidad de circulación del agua que produce el efecto de decantación, no siendo necesarios emplear sistemas de filtrado a través de gravas o con vegetación.

El perímetro de la balsa para aumentar su longitud se diseñan balsas poco profundas y con formas sinuosas, en el propio lecho del torrente donde sean posibles y en sus márgenes se planta vegetación arbórea y arbustiva, que permiten sombrar el agua, por tanto regular la entrada de luz para controlar efectos negativos (pérdidas por evaporación, crecimiento de algas) y exaltar los positivos (buen estado ecológico de las aguas). Además, durante el período seco las comunidades de macroinvertebrados que colonizan el río, en este caso lo harán en las balsas permitiéndoles realizar su ciclo biológico. La balsa es en sí un pequeño ecosistema acuático donde se desarrollan multitud de interacciones que serán tanto más complejas cuanto mayor sea su grado de naturalización.

actuaciones propuesta general: recuperación del torrente Mercadal



El proyecto de recuperación del torrente y restauración de riberas se plantea por partes desde la parte alta a la parte baja, con los diferentes tramos (alto Mercadal, medio Barbatx, medio Lluriac y bajo Cala Tirant) por fases, comenzando por la cabecera, tramo Mercadal que se desarrolla en el apartado *"la rambla del agua"* de esta tesina. Para el resto de tramos se indican futuras

proyecciones que ayudarán a la fijación de estímulos para la recuperación del paisaje y reciclaje del agua aguas abajo. Si realmente se quiere llevar a cabo la recuperación de todo el torrente y un camino que permita recorrerlo, eso implica transformar terrenos públicos en privados, además de un estudio detallado del perfil del cauce y el borde de ribera por sectores en

cada tramo, proceso que puede plantearse a largo plazo, con la participación de la ciudadanía y propietarios, entidades de carácter público y privado para establecer un dominio público hidráulico que permitirá a toda la ciudadanía disfrutar de una camino al borde del torrente entre el pueblo y el mar.

Las actuaciones para el corredor Mercadal se plantean

a corto plazo para el tramo Mercadal y a medio y largo plazo para los tramos Barbatx, Lluriac y Cala Tirant con fines diferentes, lo que hace viable hacer planes e inversiones a corto y largo plazo:

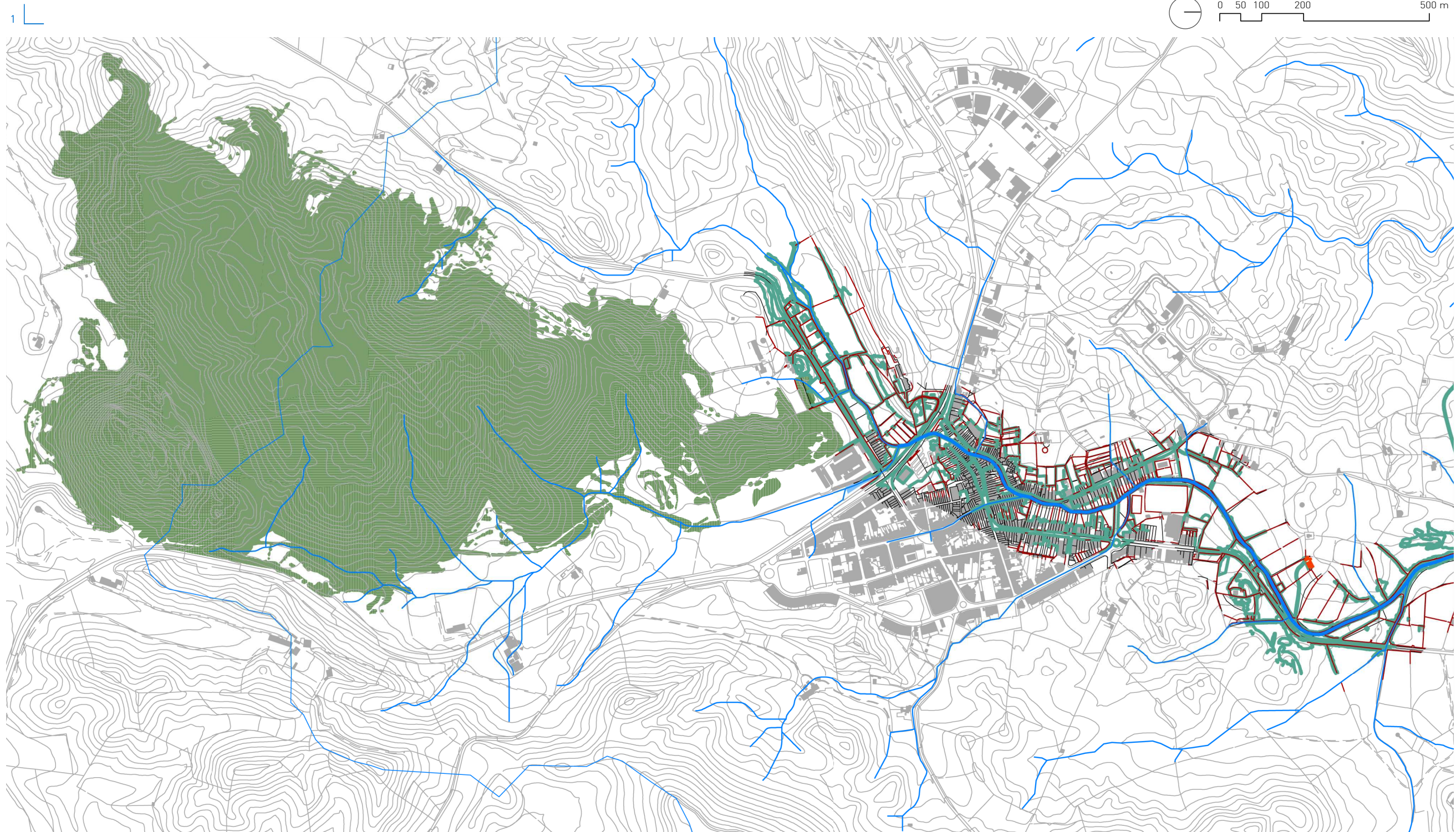
1 Tramos de propuesta de recuperación del Torrente Mercadal. De izquierda a derecha tramo alto Mercadal, medio Barbatx, medio Lluriac y bajo Cala Tirant.

1 Tramo alto Mercadal e propuesta de recuperación. Se muestran las conexiones transversales de agua y vegetación que marca el torrente.

La restauración del torrente dirigido al futuro corredor Mercadal, asume su condición de punto inicial en este primer tramo del torrente. Es Mercadal articula la ciudad y el campo, este tramo es un paseo entre lo urbano y lo rural. Se propone la restauración el torrente, aprovechando las infraestructuras preexistentes (canal),

mediante su re-naturalización, la regeneración de su lecho natural y los variados estratos de vegetación por zonas del torrente, sus bordes, un arbolado de ribera para la calle, franjas de huertas y cultivos que se conectan visualmente, fachadas traseras recuperan su significado perforándose y con accesos desde el torrente.

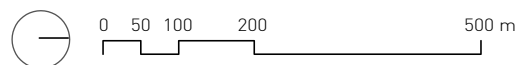
Criterios para inferir calidad paisajística y mejora ambiental, a partir de combinar y descubrir pautas estéticas y de significados (tramas, valores y espacio público.).



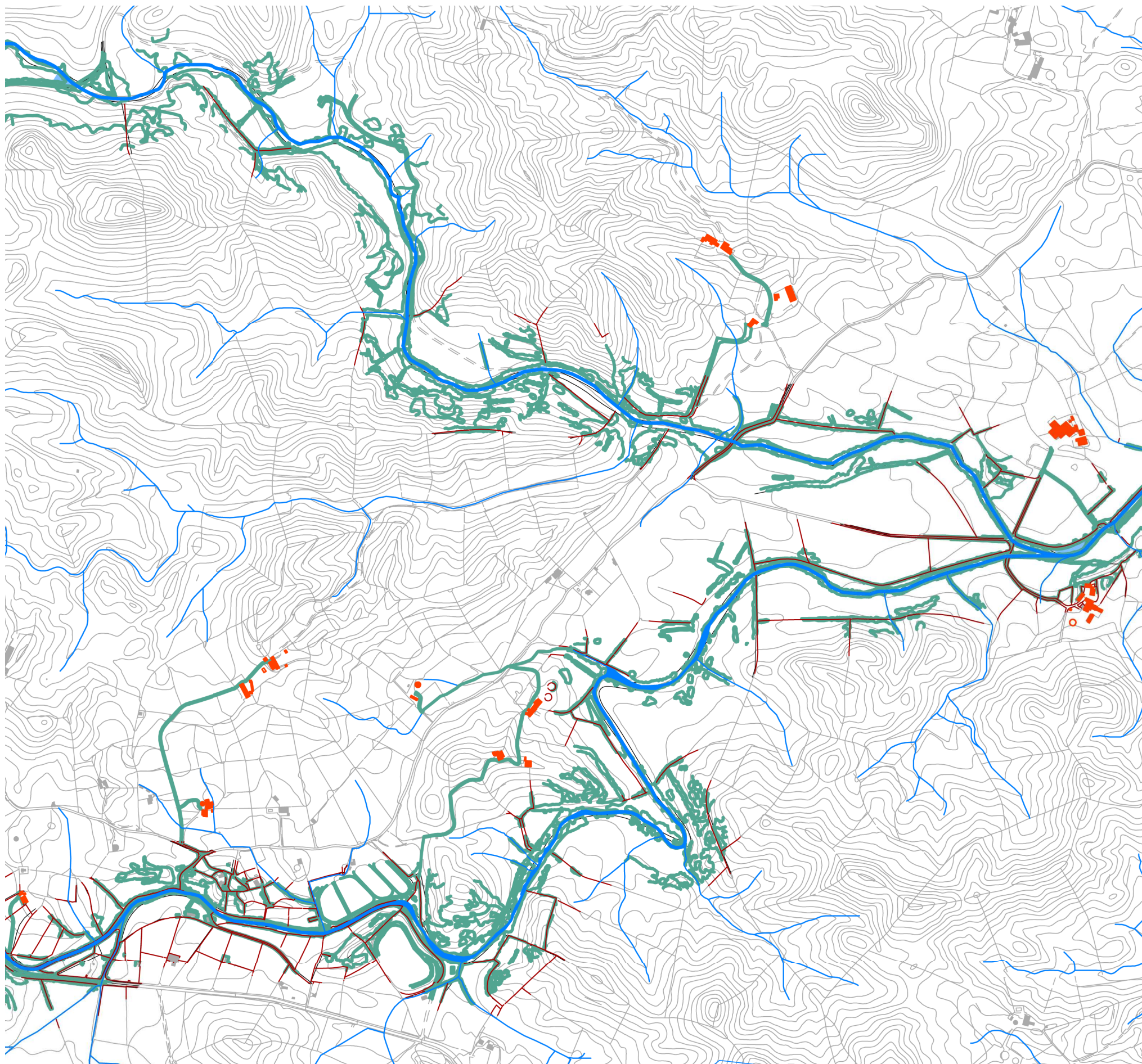
tramo medio Barbatx

2

El objetivo de este tramo continúa siendo la regeneración de sus riberas, lo que significa trabajar en la vegetación un bosque de ribera y un camino natural, compatibilizándose el reciclaje del agua para el uso agrícola en período seco, teniendo que en este tramo hay mayor disponibilidad de agua por el aporte de la depuradora), destinado a consumo de los “llocs” viviendas privadas y sus terrenos productivos adyacentes. El proyecto implica utilizar las balsas, un sistema de conducción y distribución del agua hasta las parcelas, a partir de entender el papel de los muros de piedra seca que organizan el territorio y su relación con las estructuras tradicionales, y reaprender donde están los recursos y cuáles son los medios de aprovecharlos.

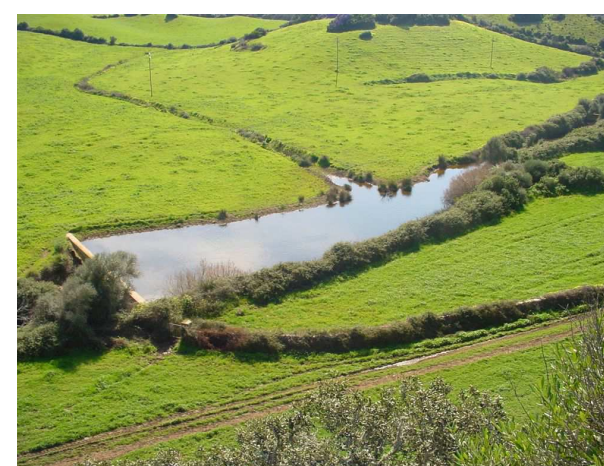


2 Tramo medio Barbatx de propuesta de recuperación. Se muestran las conexiones transversales de agua y vegetación que marca el torrente en su recorrido.



tramo medio Lluriac-Cavalleria

El objetivo de este tramo continúa siendo la regeneración de sus riberas, lo que significa trabajar en la vegetación un bosque de ribera y un camino natural, compatibilizándose el reciclaje del agua para el uso agrícola en período seco, teniendo que en este tramo hay mayor disponibilidad de agua por el aporte de la depuradora), destinado a consumo de los “llocs” viviendas privadas y sus terrenos productivos adyacentes. El proyecto implica utilizar las balsas, un sistema de conducción y distribución del agua hasta las parcelas, a partir de entender el papel de los muros de piedra seca que organizan el territorio y su relación con las estructuras tradicionales, y reaprender donde están los recursos y cuáles son los medios de aprovecharlos.



3 Tramo medio Lluriac-Cavalleria de propuesta de recuperación. Se muestran las conexiones transversales de agua y vegetación que marca el torrente en su recorrido.

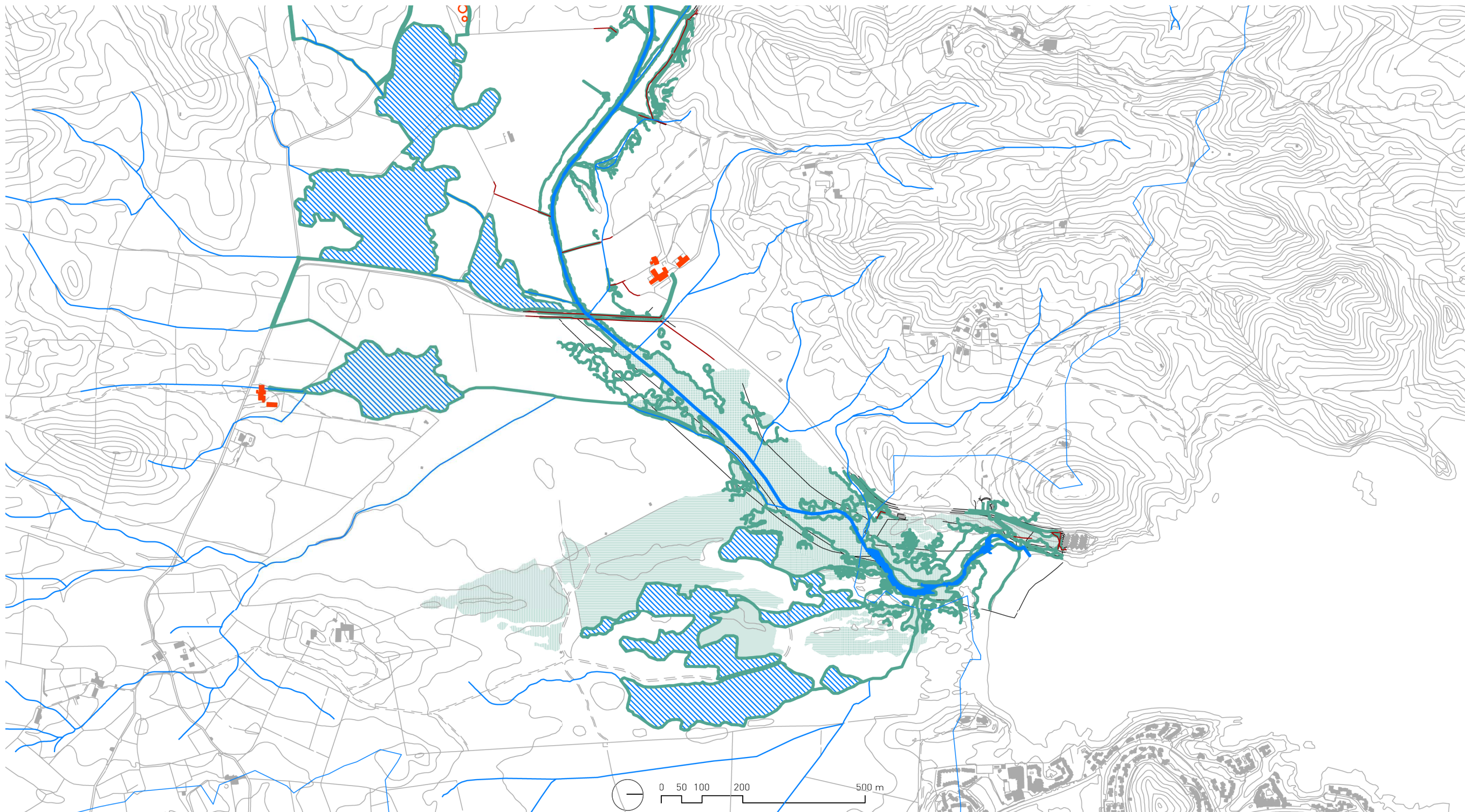
5 Vista torrente tramo Lluriac en Noviembre.

6 Vista torrente tramo Lluriac en Mayo y balsa de agua en Llinàritx. Fotografías de Carreras, D. (OBSAM).

tramo bajo Lluriac y Cala Tirant

4 Tramo bajo Lluriac y Cala Tirant de propuesta de recuperación. Se muestran las conexiones transversales de agua y vegetación que marca el torrente en su recorrido.

7 Vista humedal Lluriac en Noviembre. Fotografías de Carreras, D. (OBSAM).

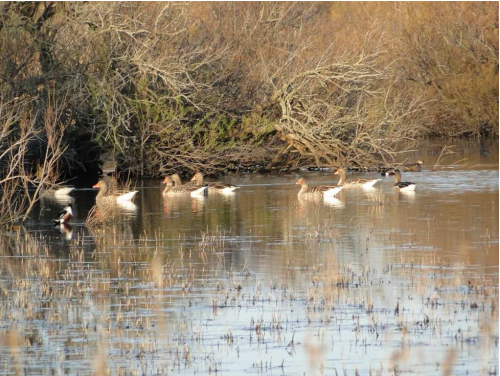


8 Vista humedal Lluriac en Noviembre.
9 Vista hábitat humedal Lluriac. Fotografías de Carreras, D. (OBSAM).



8

9



Tramo bajo Lluriac y Cala Tirant

Continuando el paseo fluvial, al llegar al tramo Lluriac y Cala Tirant, un humedal de unas 80 hectáreas, marisma litoral formada por diversos estanques más o menos temporales, y otras amplias zonas inundables, dejaría de estar aislado conectándose al corredor con una sucesión de espacios de diferente carácter, como parque natural en convivencia con su hábitats de aves y comunidades vegetales. Un parque compartido por el agua, los ciudadanos y sus hábitats según los episodios de desbordamiento del torrente, o periodo seco, que permiten espacios transitables de carácter temporal, comunicados con pasarelas al camino fluvial. Un parque vivo cambiante a lo largo del año: la abundancia de agua y de aves en invierno lo transforman en una explosión de flores y verdor en primavera, para después desaparecer casi del todo en verano, transformándose en espacios transitables. El parque se extiende hacia el interior del arenal de Tirant siguiendo el recorrido del torrente y a lo largo de un frondoso bosque de tamarindos formando diversos estanques más pequeños, hasta llegar a la playa de Cala de Tirant.

la gestión: almacenamiento y manejo de balsas para la rehabilitación del ecosistema

pp |
73 | la rehabilitación del ecosistema Mercadal
74 | evaluaciones de adaptación: régimen de lluvias
 cambios en la frecuencia e intensidad de lluvias
 datos sobre la oferta y la demanda de agua
75 | gestión de las balsas: almacenamiento y manejo del agua
78 | los retos

la rehabilitación del ecosistema Mercadal

La gestión del agua en Mercadal, ha estado tradicionalmente enfocada a potenciar la agricultura, produciendo el deterioro de los ecosistemas fluviales, de las riberas y su vegetación. Con este tipo de intervenciones, se ha perdido su naturalidad y su continuidad fragmentando el paisaje.

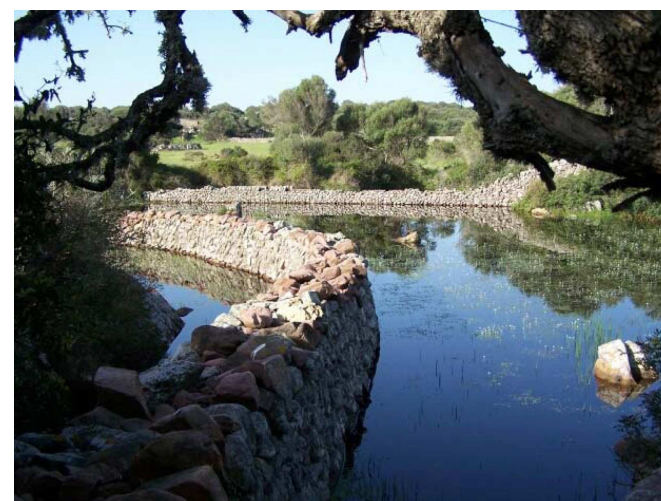
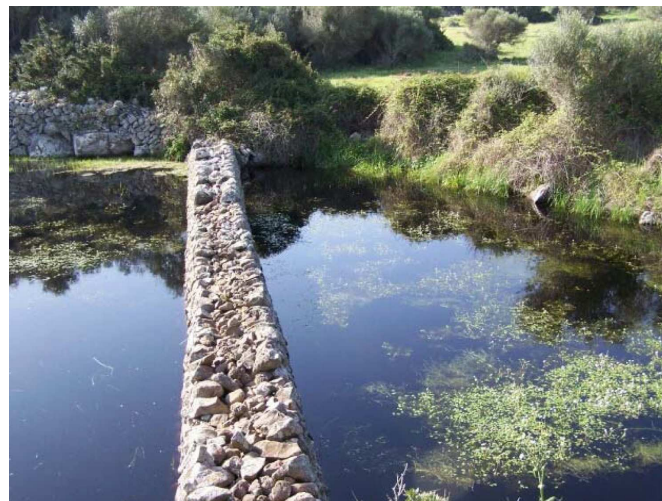
Hoy, ante una creciente demanda ambiental, surge un gran interés por la rehabilitación de los ecosistemas, por razones ecológicas, pero también por razones económicas y sociales, que ya son percibidas y demandadas por la sociedad, sin olvidar las razones éticas, de respeto y armonía con la naturaleza¹.

Además, la rehabilitación física del ecosistema Mercadal, se convierte en una prioridad porque es posible gestionarla por sí misma actuando sobre su cuenca. La cuenca puede actuar como sistema regulador de flujo, amortiguando una rápida respuesta del caudal (avenidas) mientras que el agua se almacena y emigra lentamente por las vías de la cuenca, para conseguir producir un torrente, un “río estacional” (entre Noviembre y Mayo) de caudal continuo y en régimen de caudal variable.

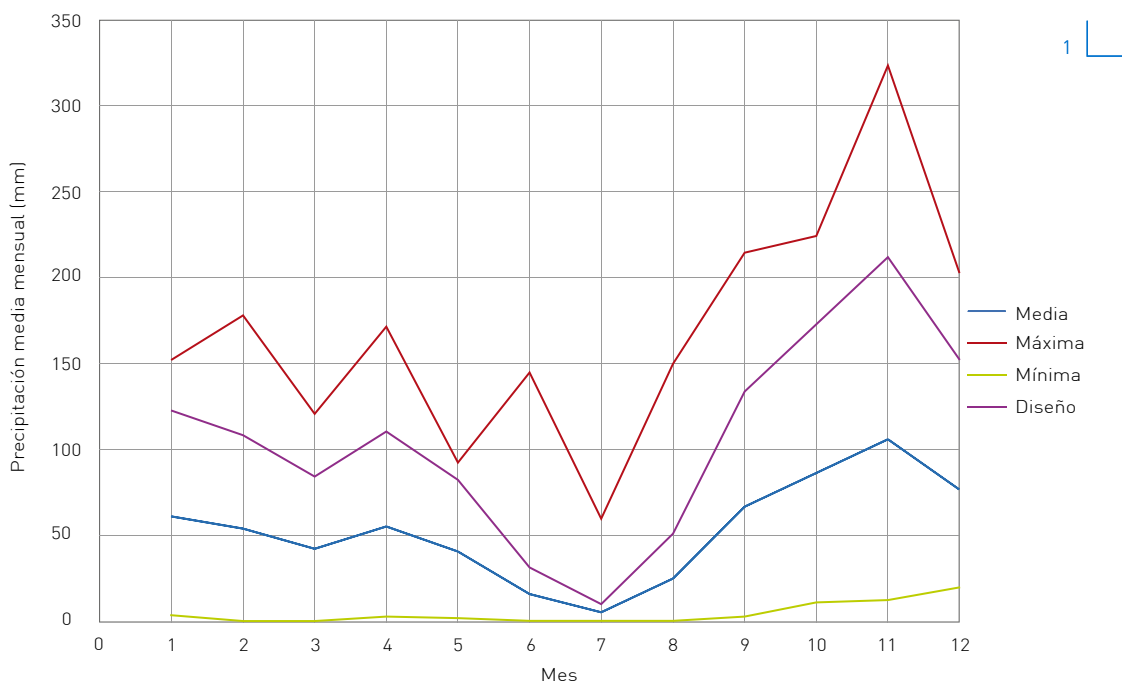
Este sistema de regulación se consigue con la gestión de balsas situadas en las vías de las subcuencas, que actúan como reservorios calibrados para manejar una variabilidad de caudal, necesario para eliminar estrés hídrico en las zonas más secas, y para regular los procesos de sedimentación o inhibir la creación de sustratos. Se trata de un sistema abierto y mediante la planificación y gestión del agua se irán definiendo sus procesos de vida y desarrollo a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta factores como la intensidad de lluvias, cambios de precipitaciones, temperatura, y las necesidades de flujo requeridas por los ecosistemas atendiendo a su estacionalidad y factores de estrés hídrico entre otros.

¹ González, M., Las riberas, elementos clave del paisaje y la gestión del agua. En este artículo de la Universidad Politécnica de Madrid se manifiestan evidencias en las alternativas de gestión del agua.

La calidad del agua de estas balsas al ser aguas de escorrentías superficiales, será muy buena, por su alto contenido de sólidos en suspensión y nutrientes, al ser la mayor parte de los usos de la cuenca de carácter forestal y agrícola, siempre que se controle el uso de fertilizantes. El sistema no necesita de depuración o filtraje, pues el propio manejo de las balsas, primero retención del agua para después evacuarla poco a poco no necesita de hacer un tratamiento de coagulación o floculación, sólo será necesario hacer un correcto mantenimiento para limpiar los sólidos de decantación con cierta periodicidad.



- 1 Balsa de Torre Llafuda.** Cubeta de acumulación y afloramiento de agua en medio de llanura (dolina) de uso agrícola. Altitud = 3193 m
Perímetro máx. zona de inundación temporal = 193 m
Superficie máx. zona de inundación temporal = 2.831m²
Superficie máx. zona de inundación efímera= -
- 2 Balsa de Mal lloc.** Cubeta sobre suelo silíceo y arenoso. Altitud = 115 m
Perímetro máx. zona de inundación temporal = 115 m
Superficie máx. zona de inundación temporal = 1.023 m²
Superficie máx. zona de inundación efímera= -
- 3 Balsa verda de s'albufera.** Cubeta sobre suelo calcáreo, poco desarrollado y de tendencia arenosa. Altitud = 39 m
Perímetro máx. zona de inundación temporal = Estanque A = 165 m
Estanque B = 71 m
Superficie máx. zona de inundación temporal: Estanque A = 1.023 m²
Estanque B = 307 m²
Superficie máx. zona de inundación efímera= -
Proyecto Life Basses - Conservación y gestión de estanques temporales en Menorca. Cartografía de la cuenca de recepción delos estanques temporales. (Estradé, S.; Carreras, D.)



1 Precipitación media mensual. En este gráfico se representa la precipitación media mensual mínima, media y máxima, a partir de las cuales se establece la de diseño utilizada para el dimensionado de las balsas de captación, obteniéndose un factor de seguridad respecto a los volúmenes obtenidos en los hidrogramas.

La administración del agua de Mercadal, tendrá que enfrentarse a los desafíos impuestos por el clima y la variabilidad hidrológica, tanto intra-anualmente como inter-anualmente. La estrategia de adaptación incluye responder a la variabilidad estacional y a los periodos prolongados de humedad y sequía utilizando un sistema integrado de ocho balsas, como reservorios para toda la cuenca. Esto permite la captura de agua durante las temporadas húmedas para el uso de recuperar el espacio fluvial durante este periodo, combinado con el uso para consumo agrícola, principalmente en las temporadas secas y periodos de sequía. Como las fincas agrarias de regadío se sitúan aguas abajo de Es Mercadal, se puede reciclar el caudal del torrente para este consumo agrícola, caudal que se ve incrementado en este tramo considerando el aporte de la depuradora, lo que permite compatibilizar ambos usos. Otra adaptación que permite el sistema de balsas, es proteger de la precipitación intensa y altos flujos de inundación durante los periodos de lluvia extrema, pues las balsas retienen y laminan la avenida reduciendo los daños que ésta pudiera causar aguas abajo, además de como medida pasiva frente al riesgo de incendios.

cambios en la frecuencia e intensidad de lluvias

Los cambios en procesos de escurrimiento superficial dependen principalmente de los cambios de temperatura y precipitación, entre otras variables. Para el estudio hídrico se ha realizado la conexión entre el modelado climático y simulaciones hidrológicas con Hec-HMS, para obtener los volúmenes en el caso de una precipitación de 50mm (volumen obtenido 22,9m3/h) y otra de 130mm (volumen obtenido 141,6m3/h). Ambos son registros muy habituales en la pluviometría de Mercadal.

Las estrategias de adaptación se han analizado a partir del régimen de lluvias de la cuenca, para obtener los volúmenes de los reservorios en las subcuencas. Estas adaptaciones tendrán efectos profundos en la restauración del ecosistema, permitiendo asegurar unos caudales mínimos. No obstante, es necesario recoger más información sobre los volúmenes y caudales necesarios para realizar la adecuada gestión de los ecosistemas.

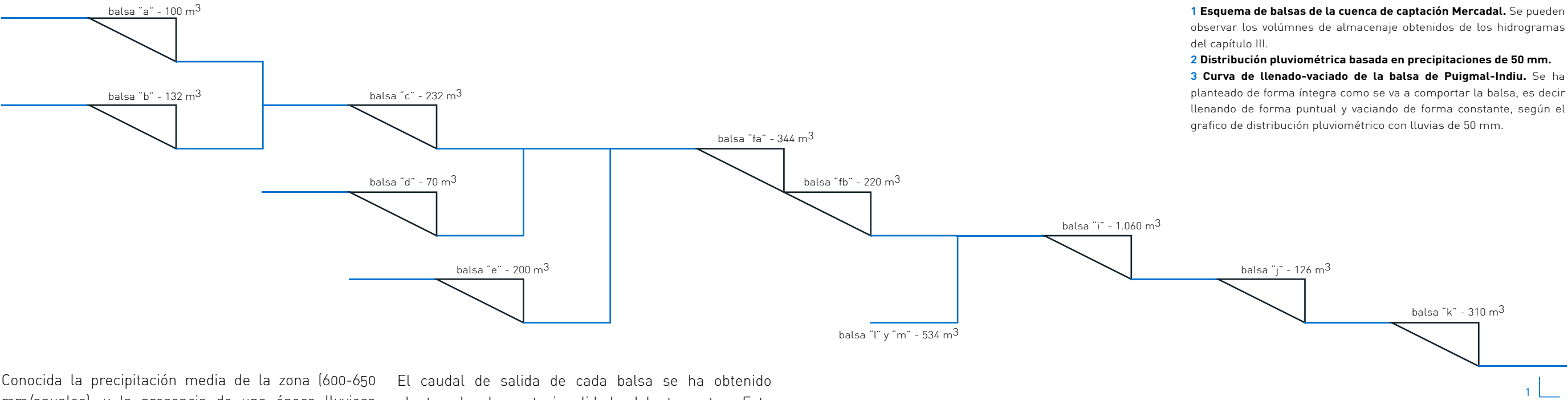
datos sobre la oferta y la demanda de agua

Para plantear el modelo de planificación de recursos hídricos para Es Mercadal se requieren datos sobre la oferta y la demanda de agua. La información sobre la demanda de agua generalmente necesita provenir de fuentes locales, excepto las tasas de uso común del agua que pueden ser extraídas de la literatura. En nuestro caso, la demanda de la restauración del ecosistema puede estar disponible en agencias ambientales. Según datos aportados por Narcís Prat¹, el caudal de mantenimiento mínimo del torrente que se puede considerar apto oscila entre 1 y 10 l/sg, para climas continentales dependiendo de la infiltración del terreno y otros factores, pudiéndose considerar para el tramo urbano caudales mucho más bajos entre 0,1 a 1 l/sg, al no haber vida acuática. En todo caso es vital, asegurar que este caudal mínimo además tiene continuidad. Las demandas para consumo agrícola pueden ser determinadas del conocimiento acerca de los cultivos y el clima, en base a los estudios locales². Los datos del suministro de agua, serán los obtenidos de las escorrentías superficiales en respuesta a las lluvias que ocurren principalmente entre Noviembre y Mayo, y otros escurrimientos esporádicos que puedan darse en el periodo seco. Estos datos climáticos como la precipitación, la temperatura, la humedad y la velocidad de viento se obtuvieron de la estación pluviométrica de Barbatx de la cuenca de Mercadal, (facilitados por el OBSAM) y se han trabajado estadísticamente con ellas para obtener una curva IDF que será la lluvia de diseño. Una vez que los flujos naturales son determinados, se ha dimensionado la infraestructura hídrica, los reservorios, para poder captar lo máximo disponible.

¹ Prat, N., catedrático de ecología de la UB y director del grupo de investigación group Freshwater Ecology and Management (FEM), especializados en temas de ecología de ecosistemas acuáticos continentales, sean lagos, lagunas, pantanos o ríos, y en la aplicación de estos estudios en su conservación y gestión.

² Estradé, S., (Indicadors bàsics de l'OBSAM Estimació de les extraccions d'aigua per a consum agrari 2002-2007

gestión de las balsas: almacenamiento y manejo del agua



Conocida la precipitación media de la zona (600-650 mm/anuales), y la presencia de una época lluviosa potente centrada a finales de otoño, se ha optado por una primera distribución pluviométrica del siguiente estilo basada en precipitaciones de 50 mm. Proporcionando una pluviometría media de 600mm/anuales, dentro del rango de precipitación anual de la zona Mercadal. Según registros históricos y siguiendo las series cronológicas, las lluvias se han observado que están relativamente uniformemente distribuidas durante el año, de tal manera que los eventos de lluvia se sitúan el día 1 de cada mes; si hay 2 serán el día 1 y el 15; y en el caso de 3 será el día 1, el 10 y el 20.

A partir de la respuesta de la cuenca a una precipitación de 50 mm (obtenida de la simulación hidrológica) y la distribución de las lluvias de forma anual, puede entenderse como se mueve el volumen de agua por la cuenca durante el año. Llegado a este punto se ha estudiado la interacción del agua con las ocho balsas propuestas. Las balsas han sido dimensionadas para almacenar la totalidad del agua que les llega, por tanto, se han tratado los volúmenes de agua de forma acumulativa pero considerando la demanda de caudal para recuperar el espacio fluvial, lo que implica que los reservorios van a irse vaciando lentamente. En resumen, se ha planteado de forma íntegra como se van a comportar las balsas: llenando de forma puntual y vaciando de forma constante.

El caudal de salida de cada balsa se ha obtenido planteando la estacionalidad del torrente. Esta estacionalidad, confiere caudal al torrente durante los meses de lluvia además de utilizar las lluvias de verano, Setiembre y Octubre como reserva para plantear unos caudales mayores.

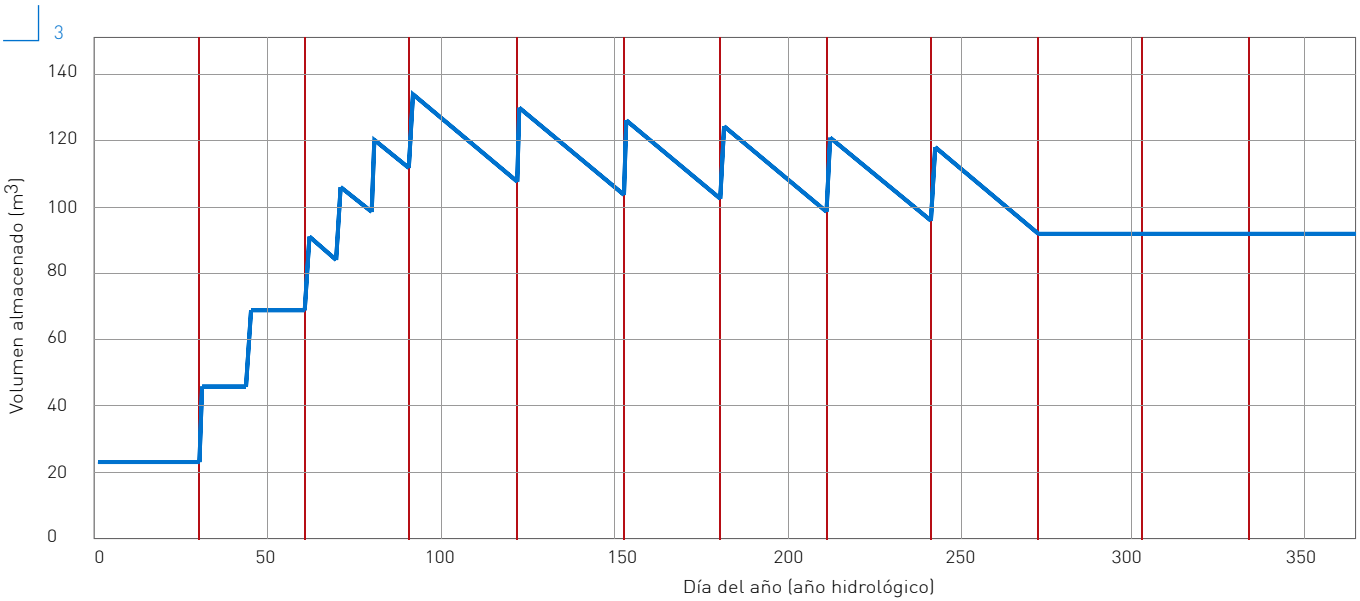
Tal y como se observa en el gráfico, no hay volumen de agua que se pierda los meses de Septiembre y Octubre para disponer de más agua, y es a partir de Noviembre que tenemos pérdidas hasta Abril – Mayo según la balsa. Cabe destacar que en el eje de abscisas el tiempo está expresado en años hidrológicos, es decir, el primer día es el 1 de Setiembre. Para hacer un fácil entendimiento de la gráfica se han marcado los cambios de mes.

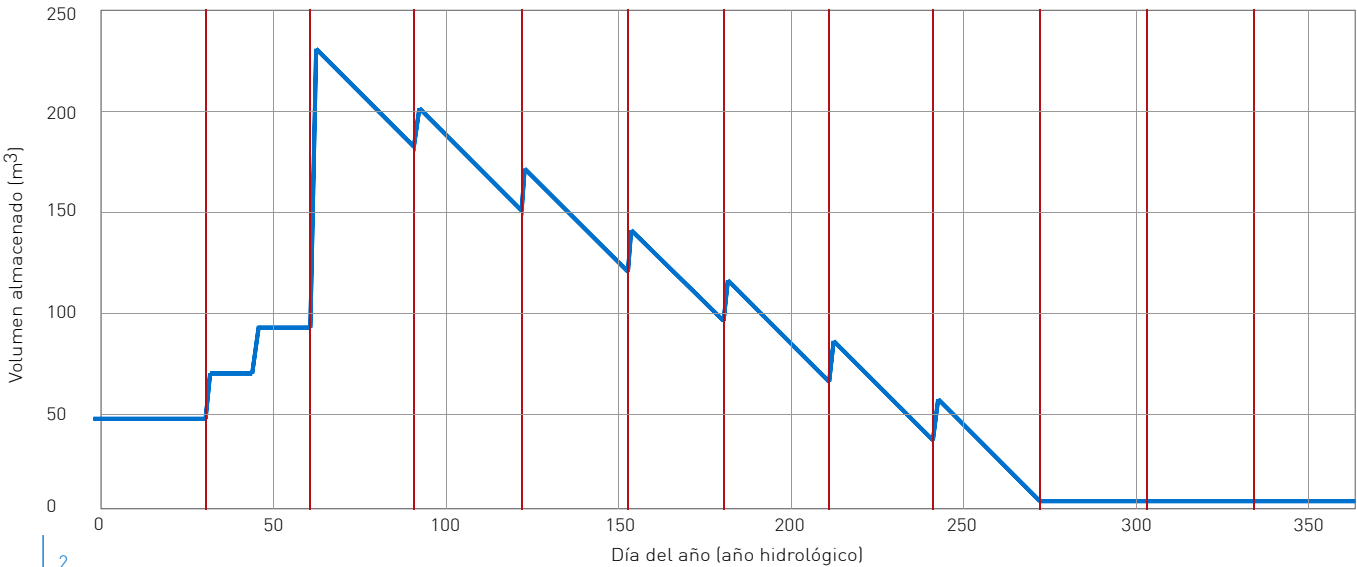
Los volúmenes de aporte que tiene cada balsa son los obtenidos de la simulación de Hec-HMS. Como hay balsas que están situadas dentro de las subcuencas, no conocemos a priori cuánta agua recibirán. Para obtener dichos valores se ha obtenido el área tal que drena en el punto donde la balsa está situada, y se ha ponderado su aporte según una proporcionalidad de áreas con la subcuenca pertinente.

Se han gestionando cada una de las balsas, a partir de su curva propia de llenado-vaciado de forma independiente, para luego poder manejarlas de forma integrada.

- 1 Esquema de balsas de la cuenca de captación Mercadal.** Se pueden observar los volúmenes de almacenaje obtenidos de los hidrogramas del capítulo III.
- 2 Distribución pluviométrica basada en precipitaciones de 50 mm.**
- 3 Curva de llenado-vaciado de la balsa de Puigmal-Indiu.** Se ha planteado de forma íntegra como se va a comportar la balsa, es decir llenando de forma puntual y vaciando de forma constante, según el grafico de distribución pluviométrico con lluvias de 50 mm.

Precipitación	Meses
1 lluvia de 50 mm	Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo Agosto, Septiembre, Diciembre
2 lluvias de 50 mm	Octubre
3 lluvias de 50 mm	Noviembre





1 Distribución pluviométrica basada en nueve precipitaciones de 50 mm y una de 130 mm.
2 Curva de llenado-vaciado de la balsa de Puigmal-Indiu. Se ha planteado de forma íntegra como se va a comportar la balsa, es decir llenando de forma puntual y vaciando de forma constante, según el nuevo grafico de distribución pluviométrico.

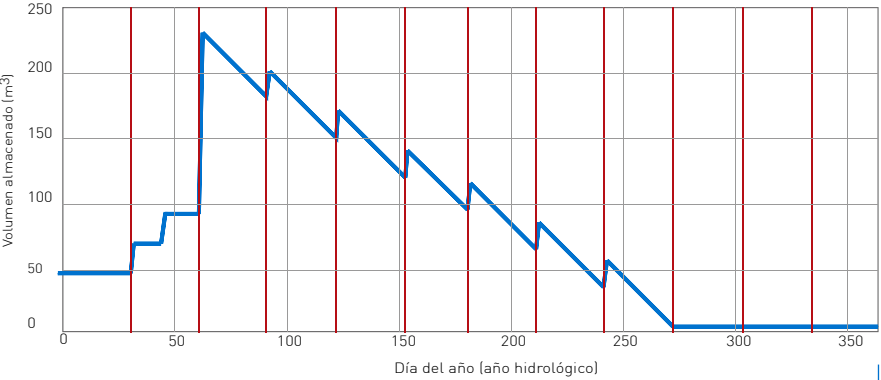
Precipitación	Meses
1 lluvia de 50 mm	Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo Septiembre, Diciembre
2 lluvias de 50 mm	Octubre
1 lluvia de 130 mm	Noviembre

Aquí pues, se decidió la pluviometría de diseño parecida a la anterior pero más realista. A pesar de que la precipitación anual está entre 600 y 650 mm/anuales y las lluvias de 50 mm son bastante típicas, también aparece una precipitación cada año o dos años de valor muy superior, de media alrededor de 130 mm. Esto provocó que la precipitación media anual se distribuyera según la tabla 1.

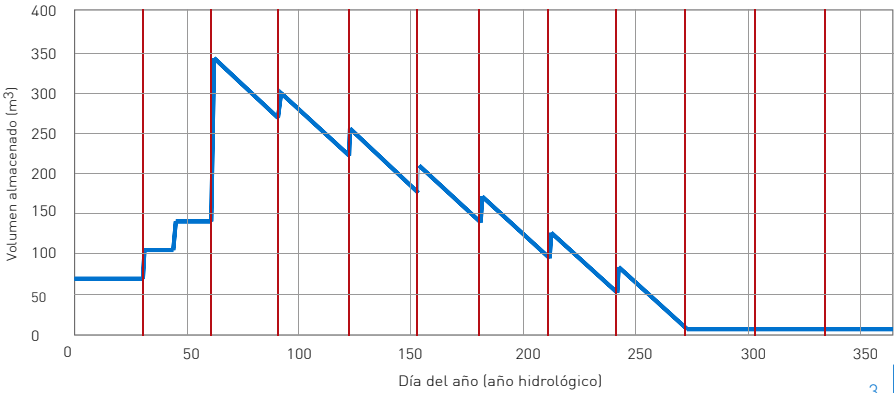
Con la nueva distribución de la pluviometría se vuelven a obtener las nuevas curvas de llenado-vaciado, basadas en el modelo ya explicado. Las lluvias serán aportes puntuales de llenado y las balsas se vaciarán de forma continua durante el mismo periodo, igual que el caso anteriormente estudiado. Se aprecia que la respuesta hidrológica de la cuenca para una lluvia de 100 mm no es el doble que para una lluvia de 50 mm. Es decir, como solo nos interesa la escorrentía superficial, en concreto el volumen de agua, no podemos multiplicar por ningún número ni hacer abstracciones, debe ejecutarse la simulación para el nuevo hietograma.

El gráfico 2 muestra el modelo de llenado-vaciado de la balsa de Puigmal-Indiu. Se han desarrollado para cada balsa su correspondiente curva de llenado-vaciado, al igual que en la iteración anterior, siguiendo la regla de proporcionalidad de áreas con la subcuenca pertinente. Se observa que los volúmenes de agua máximos han aumentado, lo que permite que los caudales circulantes por el torrente sean superiores y la recuperación de la integración del espacio fluvial se ejecute de forma más efectiva.

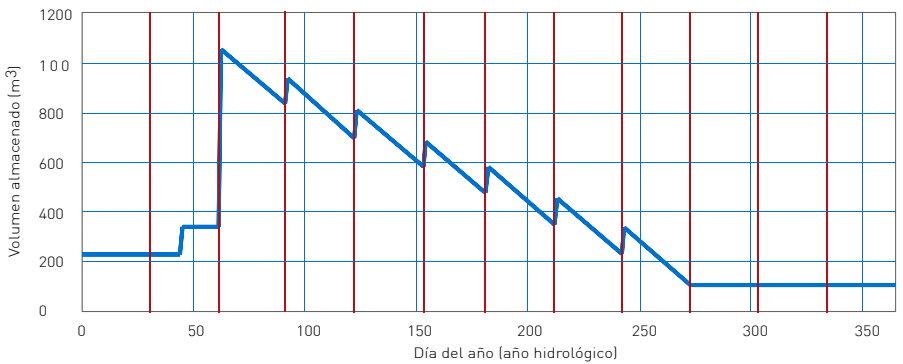
Para realizar el manejo integrado de las ocho balsas de captación, se integran las ocho curvas de los reservorios, lo que permite totalizar la gestión de toda la cuenca. A partir de estas curvas se suman los aportes de las subcuencas, obteniendo la información de los caudales circulantes por el torrente. El gráfico integrado de todas las balsas, muestra el caudal mínimo y constante que el nuevo modelo hídrico permitiría mantener de Noviembre a Mayo. Como ya se ha mencionado anteriormente, el sistema es abierto y exige de gestionar un caudal variable para considerar factores como la intensidad de lluvias, cambios ante escasez de lluvias o fuertes avenidas, y también regular las necesidades de flujo que necesitan los ecosistemas. En definitiva ser capaces de poner en marcha el sistema, pero también permitir su mantenimiento y desarrollo futuro.



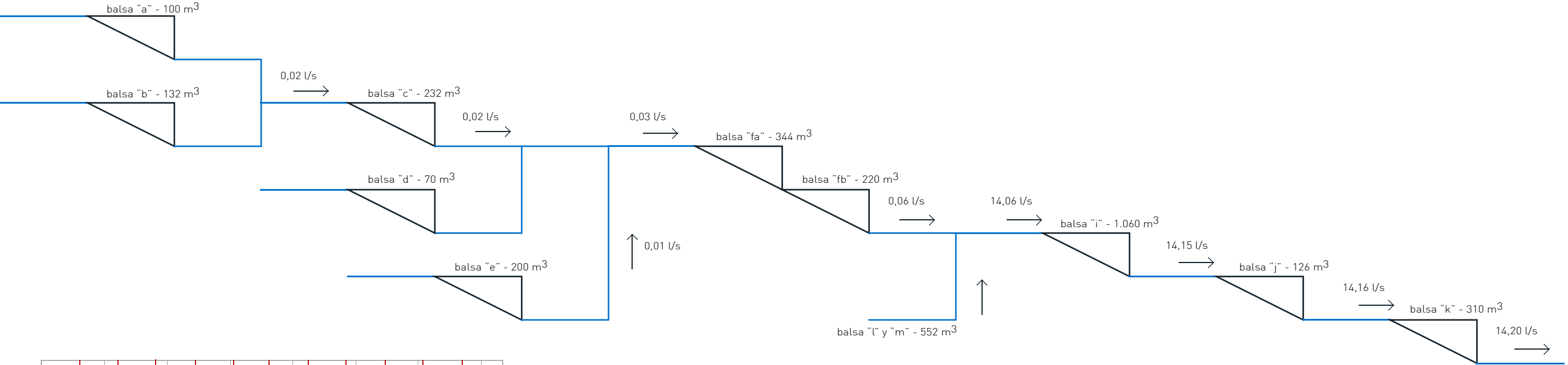
2



3

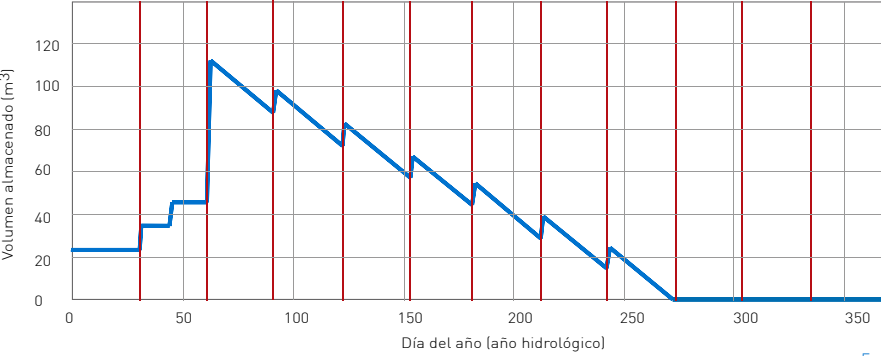


4

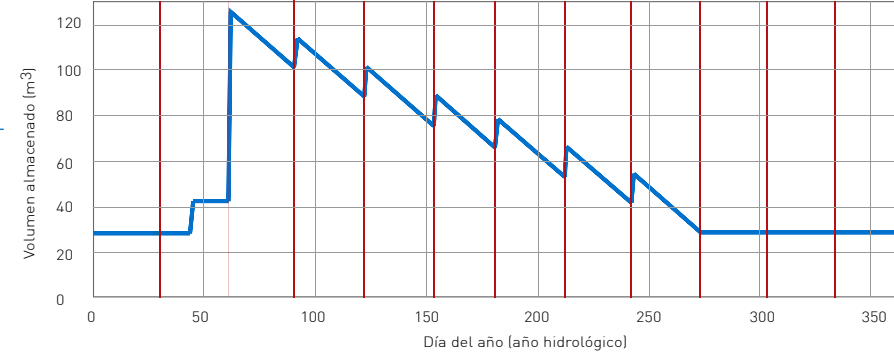


1

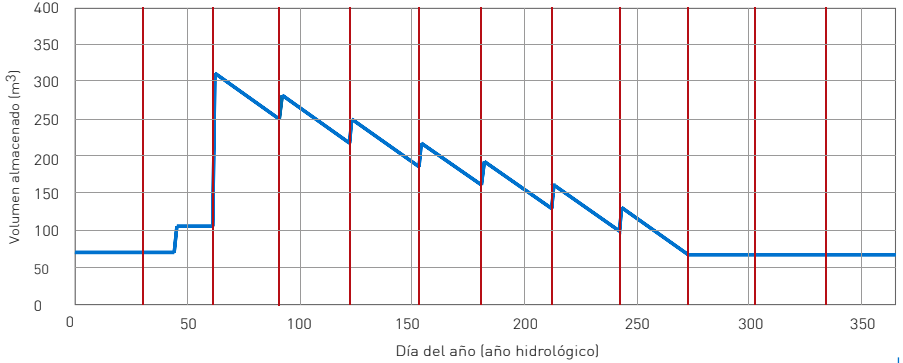
*En el caso de considerar el aporte del aljibe de Kane para la recuperación del torrente se podría añadir un caudal de 0,02 l/s.



5



6



7

- 1 Esquema de balsas de la cuenca de captación Mercadal. Se pueden observar los caudales obtenidos del manejo integrado del agua.
- 2 Curva llenado-vaciado balsa de Puigmal-Indiu. Balsas "a" y "b".
- 3 Curva llenado-vaciado balsa de Monte Toro. Balsas "c" y "d".
- 4 Curva llenado-vaciado balsa de Montpalau. Balsa "e".
- 5 Curva llenado-vaciado balsa de Mercadal. Balsa "f".
- 6 Curva llenado-vaciado balsa de Lluriac-Cavalleria. Balsa "g".
- 7 Curva llenado-vaciado balsa de Lluriac-Cavalleria. Balsa "h".

La gran limitación con la que se podría encontrar esta propuesta de recuperación del ecosistema, es la falta de disponibilidad del recurso básico, el agua, pero el estudio hídrico y el cambio al nuevo modelo hídrico indican que es factible recuperar esta estructura de río estacional, su vegetación y funcionalidad como espacio público, siempre desde la gestión pública y con la gente implicada (pueblo, turistas, propietarios, usuarios...), los únicos capaces de impulsar el desarrollo sostenible de Mercadal.

Las actuaciones propuestas en esta investigación como estrategia ambiental, están justificados por revertirse para toda la sociedad a medio y largo plazo, en términos de belleza del paisaje, potencial recreativo y social, estabilidad ecológica, menor riesgo hidrológico, sostenibilidad económica y conservación del patrimonio científico y cultural.

la recuperación del torrente tramo es Mercadal: la rambla del agua

pp |

81 | la nueva espacialidad del torrente: tramo es Mercadal

el parque lineal Mercadal

la inserción del espacio público en el territorio ecológico

la dinámica fluvial: captación escorrentías superficiales y

el ecosistema de ribera

82 | es Mercadal: El proyecto de la rambla del agua

la continuidad del agua y la vegetación

los usos y la funcionalidad

accesibilidad y relación con la ciudad

85 | estructura de la rambla del agua

síntesis del sistema de agua

síntesis del sistema de vegetación

89 | **planta** | la rambla del agua

90 | **sección S1** | la rambla del agua

91 | **sección S2** | la rambla del agua

92 | **sección S3** | la rambla del agua

93 | **sección S4** | la rambla del agua

94 | **sección S5** | la rambla del agua

95 | **sección S6** | la rambla del agua

96 | conclusiones

la nueva espacialidad del torrente tramo es Mercadal: la rambla del agua

el parque lineal Mercadal

El objetivo de este proyecto es la recuperación y control de las aguas superficiales, para pasar de avenidas extraordinarias a tener avenidas naturales, por tanto controladas que permitirán restaurar el torrente, gracias a la disponibilidad de la continuidad del agua durante el periodo de lluvia y su movimiento a lo largo de toda la cuenca, por tanto será posible re-naturalizarlo y restaurar sus riberas. Se propone a partir del espacio público añadiendo la innovación del cambio de modelo hídrico, transformar el paisaje de es Mercadal desde el agua y el desarrollo sostenible para recuperar la conexión ecológica y en consecuencia la biodiversidad y la riqueza de su patrimonio natural y cultural.

Se trata de recuperar la riqueza del ecosistema fluvial, los muchos usos sociales y la eficiencia en el uso y calidad del agua, desde el espacio público, que en el caso des Mercadal, es necesario sobre todo, impedir que se siga perdiendo donde todavía existe.

la inserción del espacio público en el territorio ecológico

Es Mercadal articula la ciudad y el campo, el corredor es Mercadal es un paseo entre lo urbano y lo rural, el torrente y la ciudad como interpretación física y social de un paisaje innovador en el manejo hídrico y el control de procesos, para poner en relación sistemas naturales y urbanos como componentes de un conjunto complejo, integrado y estructurado a partir del agua.

El torrente es Mercadal, es una rambla, un paseo de 1,35 km de recorrido (con 7.765 m² de espacio fluvial), en un proyecto unitario en su recorrido de toda el área urbana que ofrece diferentes niveles para recorrerlo, pasear por dentro de su cauce y disfrutar la orilla del torrente, o acompañar su sinuoso trazado desde el nivel superior. El territorio del torrente es un espacio vivo 245 días para las aguas de escorrentía (período de lluvias con un caudal continuo de agua), 365 días para la vegetación (continuidad asegurada para la vegetación autóctona) y vivido 365 días para el ciudadano. Por tanto un espacio más para la ciudad, dotado de accesos privados a las fachadas traseras de las viviendas con entradas directas a sus huertos y jardines, y de accesos públicos con el paseo superior para peatones y bicis que se convierte todo él en un mismo espacio en dos niveles comunicados visualmente. La propuesta dota de mayor accesibili-

dad urbana, conectando equipamientos, calles y plazas, el aljibe Kane, viales y aparcamiento de acceso al pueblo, y consta de una sucesión de espacios con diferente carácter como el paseo del jardín vertical, el balcón del agua, la plaza del salix fragilix, el mirador, el paseo de los jardines de huertas, el paseo agrícola y fluvial.

De este modo, la rambla del agua se puede transformar en un organismo vivo, un paisaje del manejo hídrico que utiliza las dinámicas del agua, un conector ambiental, en desarrollo urbano y sostenible, con la creación de un espacio público donde se integran todas estas disciplinas ecológica, hidráulica y relaciones sociales.

la dinámica fluvial: captación escorrentías superficiales y el ecosistema de ribera

El torrente hoy es un espacio marginal, carente de significado e identidad cultural, pero que mantiene parte de su funcionalidad como infraestructura de desagüe, vital para la vida urbana. Este espacio infrautilizado y olvidado, ofrece la oportunidad de su recuperación a partir del cambio de modelo hídrico, basado en la captación de las escorrentías de lluvias torrenciales, y el manejo de balsas (para almacenamiento y evacuación de estas aguas) que permiten la gestión del ecosistema. Los torrentes de Menorca siempre han funcionado con un período seco, sólo agua de Noviembre a Mayo, de forma que el estudio hídrico se ha realizado para garantizar un caudal continuo, durante el período de lluvia. Se continúa manteniendo el período seco de Junio a Septiembre por ser lo más adecuado desde el punto de vista ecológico y de la biodiversidad, al mantener las especies vegetales autóctonas que ya están adaptadas a esta climatología, permitiendo luchar contra las especies invasoras que no están adaptadas. Durante este período crítico las comunidades de macroinvertebrados¹ colonizan el río pero en este caso lo harían en las balsas permitiéndoles realizar su ciclo biológico. Como el torrente no tendría peces, debido a su bajo caudal no afectaría el período seco. Esto permitiría un mayor caudal durante el período de lluvias y sobre todo garantizar la continuidad del caudal entre el torrente y el sistema de balsas siempre conectadas con agua y ligadas a un bosque de ribera. Vegetación que ayudaría también a evitar la pérdida de evaporación, sobre todo en las balsas.

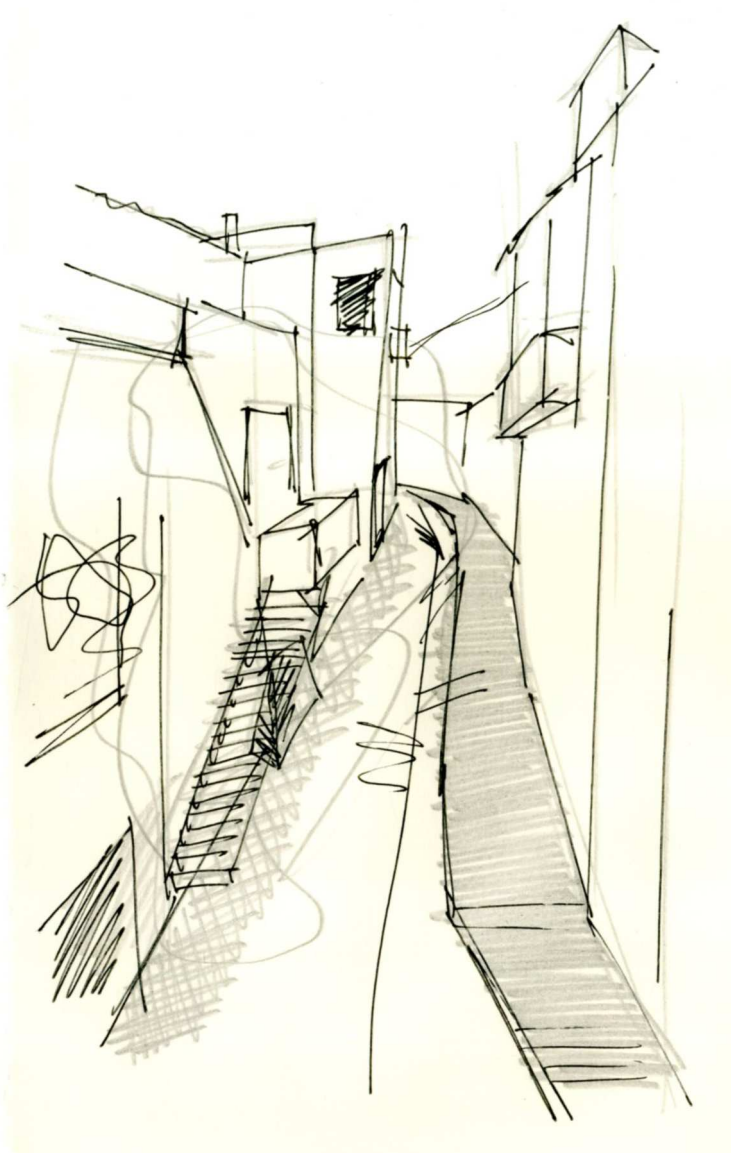


¹ Prat, N. (2010), Diagnosi de l'estat ecològic del torrent des Jondal (Eivissa). Estudio para recuperar los valores ecológicos, culturales y patrimoniales del torrente des Jondal. Utiliza la comunidad de macroinvertebrados en el hábitat fluvial como indicador ecológico y para la determinación de la calidad del agua. Indicador que puede utilizarse para conocer el estado del agua de las balsas.

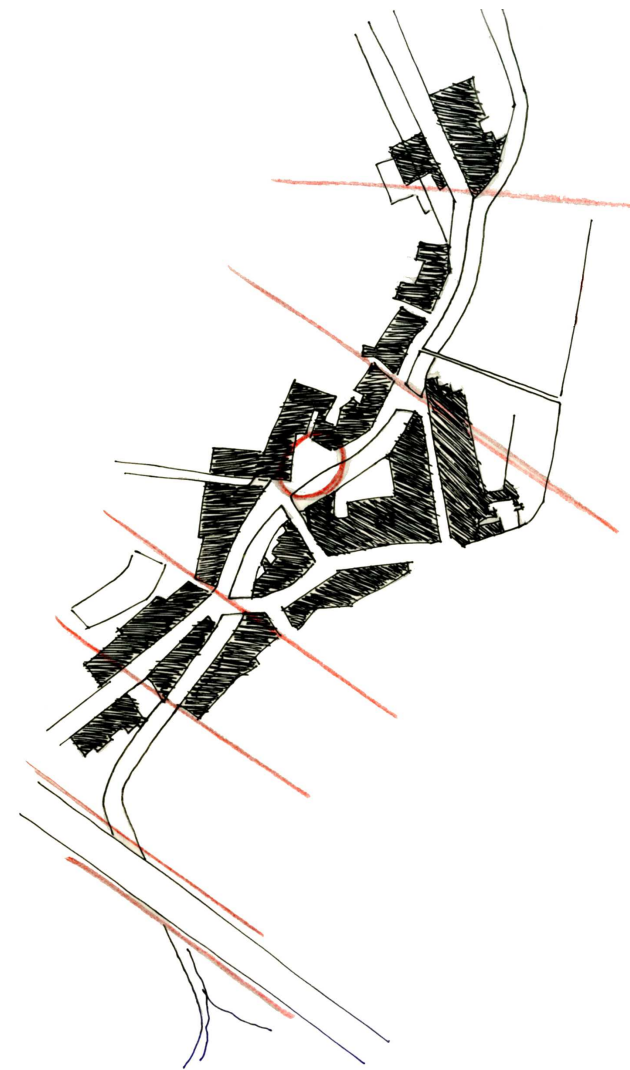
1 Esquema de líneas de agua del torrente. Las fechas en rojo indican los flujos de agua de las calles y campos agrícolas, dirigiendo las escorrentías hacia el torrente. Las flechas en negro indican los puntos de entrada y la línea azul la evacuación del agua de lluvia a través del torrente.

2 Esquema de accesos al torrente. Las flechas azules indican posibles accesos públicos y las rojas accesos privados a las viviendas desde la fachada trasera y su huerta o jardín.

es Mercadal: el proyecto de la rambla del agua



1



2

1 Perspectiva a mano alzada del tramo vertical. La imagen muestra el tramo del canal más estrecho con las edificaciones delimitándolo a ambos lados. Un paisaje urbano singular.

2 Esquema de tramos del torrente. Se muestran los diferentes tramos del torrente en su recorrido, donde se producen cambios en la sección del canal, la calle y la relación con las edificaciones, plazas, huertas y campos.

La rambla del agua inscrita a la restauración del torrente y encaminada al futuro corredor Mercadal, asume su condición de punto inicial del proyecto (primer tramo torrente Mercadal). Por la rambla fluiría el agua controlada de las avenidas, continua pero con cierta variabilidad de su caudal y diferentes profundidades en el transcurso de su lecho, que nos dará los variados estratos de vegetación por zonas del torrente ofreciendo un paseo fluvial en una sucesión de espacios con formas espontáneas siguiendo el cambio de sección del torrente. El borde o ribera del torrente se amplía con la calle que pasa a formar parte del espacio urbano de ribera con la inserción de un arbolado que acompaña la rambla peatonal, con carril bici y acceso de vehículo sólo para residentes.

La estrategia del proyecto es la lectura de las trazas de la historia des Mercadal y la puesta en valor de la infraestructura existente, que dialogan entre sí para transformarlo, recuperar la memoria del lugar y la reinención de sus nuevos espacios. La intención es la de resaltar las cualidades que el lugar ofrece y las relaciones que sus habitantes han mantenido con él. Para materializar esta idea se busca la singularidad y riqueza de los elementos existentes, que se superponen con el agua, la vegetación, madera, muros de piedra, luz y sombra para construir el futuro relato des Mercadal: un ecosistema natural y social.

El proyecto propone las siguientes mínimas actuaciones en base a criterios sencillos, de forma que adquieran fuerza y significado su propia lógica de recuperación y no la de creación.

la continuidad del agua y la vegetación

Las tierras aluviales han sido aprovechadas por ser suelos ricos en limos, para las parcelas agrarias a la izquierda y para los huertos urbanos y edificaciones a la derecha, estructurando la parcelación y las escorrentías desde los orígenes de es Mercadal. Sus márgenes son las trazas de su identidad, márgenes que se van artificializando a lo largo de su historia, que van perdiendo su vegetación. La rambla del agua devuelve la restauración del torrente y su margen con la continuidad del agua y la vegetación a lo largo de todo su recorrido, en la sucesión natural-urbano-natural. Las capas agua y la vegetación cubren los nuevos espacios, usos y accesos que conectan con las casas, plazas y calles aportando valores ambientales y mejorando la vida urbana. El oarque lineal Mercadal encontrará a su paso por es Mercadal una rambla, un paseo ajardinado y espacio conector entre la ciudad y los campos agrícolas, con su vegetación organizada en dos niveles: el inferior dentro el propio cauce de la riera, el nivel superior un borde urbano arbolado.

- 1 Alzado actual, corte torrente con carrer Nou. Es Mercadal: el proyecto de la rambla del agua. Pueden verse las entradas de agua hacia el torrente de las aguas de escorrentía.
- 2 Alzado actual, fachada posterior con huertas y jardín. Es Mercadal: el proyecto de la rambla del agua.

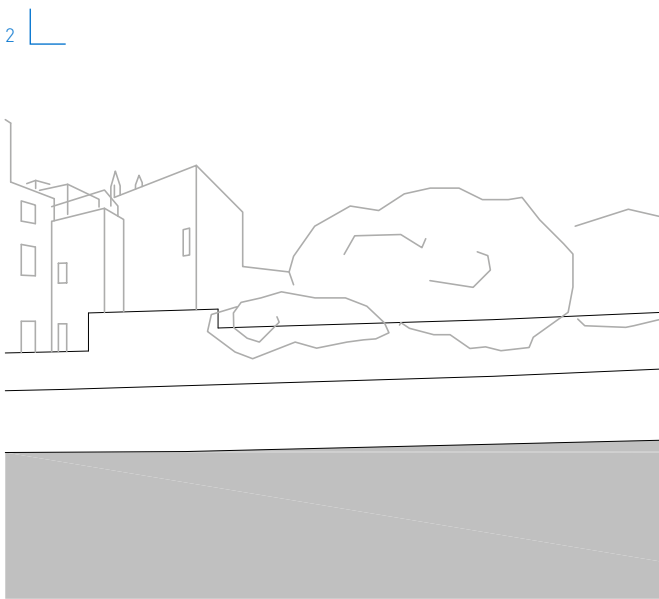
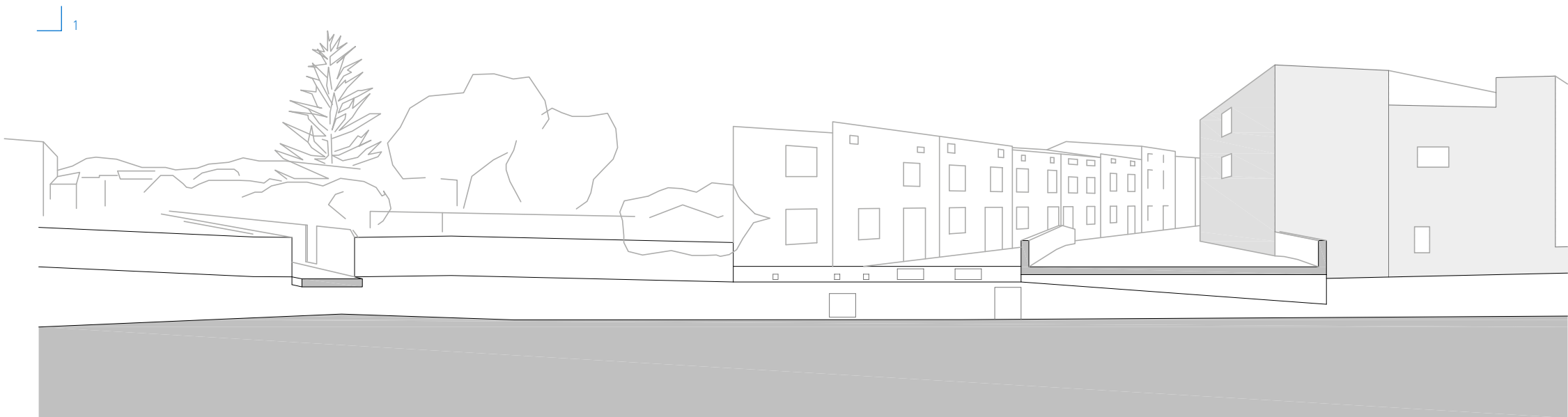
los usos y la funcionalidad

La rambla del agua combina la implantación de usos ciudadanos, con la recuperación del ecosistema fluvial con clara visión de sostenibilidad, fundamental para la viabilidad de la propuesta tanto en su fase de restauración (actuación leve de modificación de la sección de calle, lecho del torrente y cambios en el pavimento), como a lo largo de su vida y desarrollo, gracias a que requiere de un mantenimiento mínimo que garantiza su futura preservación. El paseo de madera dentro del torrente se apoya sobre muros de piedra seca colocados sobre el propio lecho del torrente, para no modificar su sección. Manejando una gestión integrada del agua se puede compatibilizar el mantener un caudal al torrente (período lluvias), con la disponibilidad de agua para los usos de regadío de las de las fincas agrarias, aguas abajo a lo largo del torrente es Mercadal.

accesibilidad y relación con la ciudad

La rambla es un espacio abierto y conectado que se relaciona con todo lo que le rodea. En el límite a la derecha del torrente, en el que se concentran la mayor parte de las edificaciones más antiguas, se crea un paseo fluvial al borde del agua, borde que dota de accesos a estas viviendas, conectando las parcelas de dos en dos con sus escaleras en simetría y rellano de acceso común cada dos viviendas. Accesos que ya algunas viviendas disfrutaban, según preexistencias encontradas. En el otro borde del torrente se instala la rambla que en ciertos momentos se ensancha para crear una plaza o pequeñas estancias urbanas, conectando en su recorrido con las calles, plazas, parques y equipamientos del tejido urbano. La estrategia del proyecto permite abordar la transformación de las fachadas traseras de estas edificaciones, olvidadas y cerradas al torrente. Fachadas que pueden recuperar su significado perforándose y abriéndose hacia el torrente. Recuperar el sentido de la fachada trasera, contribuye a la vida del canal y permite además acceder a las viviendas desde las huertas.

Al caño se le pretende adjetivar con la tranquilidad de las huertas urbanas que tenían las antiguas casas. Como argumento, criterios para el mantenimiento de calidad paisajística de las fachadas del núcleo urbano es Mercadal y sus edificaciones en medio rural, y el fomento del acceso al paisaje. Argumento y actuación para la conservación de de los elementos de la trama urbana de alto significado paisajístico, sobre todo, para las paredes secas de los cercados de las fincas y sus accesos. Se resuelve la accesibilidad al espacio fluvial tanto para el agua como para las personas. El torrente, seguirá recogiendo las entradas de aguas de escorrentía de las subcuencas, Puigmal-Indiu y Monte torro, las de la propia es Mercadal y los campos a su izquierda, pero también resuelve la accesibilidad desde el espacio público con rampas adaptadas en los puntos inicial intermedio y final del paseo desde las calles Ciutadella, Baix (continuidad del carrer Nou), Tramuntana y avenida del Sol, e instaura nuevos accesos a las edificaciones privadas. El proyecto recoge los puntos claves de acceso y relación, que consiguen la continuidad y conectividad de las riberas del torrente con la ciudad. Continuidad y conectividad hídrica, ecológica y social.





LEYENDA "LA RAMBLA DEL AGUA"

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1.Balsa de captación | 9.Rambla del agua |
| 2.Bosque agrícola y paseo fluvial | 10.Plaza del salix fragilix |
| 3.Balsa de decantación | 11.Mirador |
| 4.Paso peatonal | 12.Paseo fluvial de los jardines de huertas |
| 5.Aparcamiento-jardín | 13. Huertas ecológicas |
| 6.Paseo fluvial del jardín vertical | 14.plaza verde (área juegos infantiles) |
| 7.Balcón del agua | 15.plaza verde (área centro agrícola y picnic) |
| 8.Aljibe Kane | 16.Bosque agrícola y paseo fluvial |

1 Planta de la propuesta. Es Mercadal: el proyecto de la rambla del agua.

estructura de la rambla del agua

síntesis del sistema de agua

El sistema proyectado se estructura a partir del agua y la progresión de campos agrícolas-pueblo y huertas-campos agrícolas, introduciendo una mejora ambiental del espacio en ambos sistemas.

La longitud del recorrido es de 1,35 km. En sentido longitudinal el torrente tiene una ligera pendiente que garantiza la circulación del agua. En la sección transversal, cambiante según las profundidades por tramos, produce zonas de sección y perfil variable que formarán diferentes espacios acompañados de cambios en la vegetación. Sus funciones y elementos son:

a. Recoger las aguas superficiales del monte Puigmal-Indiu, tejido urbano y agrícola: por gravedad el agua de escorrentía delimitada por la subcuencas nos proporciona una cantidad de agua, además de las escorrentías de calles y huertos a ambos lados des Mercadal que también son captadas, cumpliendo además la función de sistema de drenaje.

b. Controlar las avenidas extraordinarias, pasando a tener avenidas naturales, por tanto controladas. El cauce del propio torrente tendrá zonas de almacenamiento, utilizándose la propia infraestructura existente. Estos grandes reservorios de agua funcionan como grandes decantadores de las partículas sólidas en suspensión del agua captada de escorrentía, no siendo necesarios emplear sistemas de filtrado a través de gravas o con vegetación.

c. Captar y almacenar agua para suministrar a todo el torrente. Dos balsas grandes dentro del propio torrente, antes de la entrada de Es Mercadal para recoger el aporte de la subcuenca Puigmal-Indiu, dos más para recoger los aportes del tejido urbano y agrícola (derecha e izquierda des Mercadal respectivamente) y parte del aporte de la subcuenca El Toro-Mercadal. El gran volumen de agua que almacena en relación con el consumo del torrente implica una muy baja velocidad de circulación del agua que produce el efecto de decantación.

d. Conservar la calidad del agua de lluvia y devastarla de impurezas. La tercera balsa a la entrada de Es Mercadal tiene la función de decantar y devastar la materia orgánica. La renovación del agua del sistema se realiza vertiendo agua hacia esta tercera balsa segregada. Todo el sistema funciona por gravedad, no siendo

necesarios bombeos en ningún punto de su recorrido.

e. Reutilizar el agua para el riego agrícola aguas abajo de es Mercadal. En período seco (Junio-Septiembre) durante el que se prevé que el torrente no tenga agua se podrá aportar un caudal para el consumo agrario.

f. Dotar de mayor caudal a los humedales de Lluriac. La gestión integral de toda la cuenca permitirá captar y almacenar mayor cantidad de agua (aguas abajo la ciudad), haciendo compatible el aporte para otros usos como mayor aporte a los humedales y riego agrícola.

g. Recargar el acuífero. El agua que fluye por el torrente tiene el uso potencial de recargar acuíferos en otras cuencas con aguas subterráneas.

h. Mostrar de manera didáctica los procesos de tratamiento natural y las prácticas de gestión del agua.

estructura de la rambla del agua

síntesis del sistema de vegetación



1



2



3



4



5



6



7

El estudio de la sección y perfil del torrente a partir de cortes transversales establece las relaciones entre el agua y la vegetación asociada, que busca establecer un equilibrio biológico dentro de cada zona según las necesidades hídricas y de soleamiento y su contexto más natural o urbano. Se utiliza la vegetación autóctona que se adapta a la climatología del lugar, que soporta el stress hídrico durante el período seco, al tiempo que permite combatir las especies invasoras¹ pues hay algunas que están provocando graves problemas ambientales, como la amenaza de la biodiversidad.

Se ha utilizado el estudio de valoración y cartografía² del Observatorio Socioambiental de Menorca (OBSAM) sobre el estado de la vegetación de ribera del torrente de Mercadal y Montpalau de Menorca, donde valoran como deficiente el torrente Mercadal (y el tramo Mercadal como “malo”). Proponen propuestas de actuación y justifican las importantes funciones que la vegetación de ribera tiene en la dinámica hidrológica y en el funcionamiento de los ecosistemas: “la vegetación de ribera su función primordial es la de corredor biológico y como refugio de fauna tanto terrestre como acuática. Cabe destacar también, su papel en el mantenimiento de la calidad de las aguas regulando la entrada de luz, y por tanto, el crecimiento de algas. De esta manera se mantiene la cantidad óptima de oxígeno disuelto en el agua y se filtran nutrientes, factores que reducen los riesgos de eutrofización. En definitiva, la vegetación de ribera tiene una función muy importante en el mantenimiento del buen estado ecológico de las aguas haciendo de su valoración ambiental una herramienta de gran interés para la gestión de los recursos hídricos. Esto deviene una tarea requerida por la directiva marco para conocer su estado ecológico y proponer medidas de restauración y conservación”.

La propuesta de re-naturalización del cauce y ribera del torrente se adapta a las posibilidades de actuación en cada tramo, ofreciendo una alternativa viable, con vegetación de bosque de ribera, vegetación herbácea, arbustos y/o acuática según sean zonas de campos agrícolas o zonas de ciudad.

¹ Fraga, P. (2009), Jardinería mediterránea sin especies invasoras. Generalitat Valenciana. Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda.

² OBSAM (2009), Cartografía de la vegetació de ribera i valoració del seu estat ecològic a l'illa de Menorca.

Se plantean seis zonas que formarán una sucesión de estratos de vegetación con diferentes colores, texturas, luz y sombra, a lo largo de su recorrido:

Zona 1: Vegetación propia del margen de *bosque y soto-bosque de ribera*, aparecerá más la vegetación ripícola, formada por agrupaciones arbóreas y arbustivas que protegen los bordes fluviales, moderando la velocidad en las corrientes torrenciales. La creación de este bosque es esencial en las zonas de las balsas para producir sombreado y su continuidad hacia el monte del Indiu, creando además las zonas de paseo. Se sitúan en la cabecera de la cuenca en la zona previa a la entrada a Es Mercadal y está constituida por:

- *Populus alba* y *Populus nigra*
- *Ulmus minor*
- *Fraxinus angustifolia*
- *Rubus ulmifolius*
- *Prunus spinosa*
- *Crataegus monogima*

Zona 2: Vegetación propia del margen de *sostobosque de ribera*, aparecerá más la vegetación formada principalmente por agrupaciones arbustivas con menor presencia de árboles y que protegen los bordes del espacio fluvial, para las zonas de transición entre el campo agrícola y espacios de accesos a la ciudad. Está constituida por:

- *Rubus ulmifolius*
- *Prunus spinosa*
- *Crataegus monogima*
- *Tamus comunis*
- *Rosa agrestis*
- *Nerium-oleander*

1-21 Vegetación seleccionada para la propuesta. Por orden numérico: Populus alba, Populus nigra, Ulmus minor, Prunus spinosa, Fraxinus angustifolia, Rubus ulmifolius, Crataegus monogima, Tamus comunis, Vitex agnus-castus, Salix fragilis, Rosa agrestis, Tamarix spp, Lythrum salicaria, Rubus ulmifolius, Nerium-oleander, Tamarix spp, Typha domingensis, Hedera helix, Alisma plantago-aquatica, Cynodon dactylon.

Zona 3: Vegetación *árbol de ribera en zona urbana*, formando el paseo perimetral al borde del torrente, llamado la rambla del agua. Este paseo se diseña alrededor de un árbol el *populus alba* y en el encuentro del paseo con la creación de la plaza del agua, nuevo espacio público (estancia urbana y balcón mirador sobre el espacio fluvial), se introduce otro árbol el *Salix fragilis*, de gran valor botánico y antropológico en la isla, muy usado para la ebanistería (aportación de David Carreras del OBSAM).

- *Populus alba*
- *Salix fragilis*

Zona 4: Vegetación propia del *cauce fluvial con borde en bosque de ribera*, formada por agrupaciones arbustivas y herbáceas, como vegetación regular y densa, adecuadas para cauces más amplios. Vegetación que necesita de poca agua, tolerante a elevadas temperaturas y a periodo de sequía. Se sitúan en el cauce de campos agrícolas y está constituida por:

- *Vitex agnus-castus*
- *Typha domingensis*
- *Tamarix spp*

Zona 5: Vegetación propia del *cauce fluvial en zona urbana*, aparecerá más la *vegetación herbácea* y arbustiva de hojas caducas y flexibles, como vegetación irregular y no muy densa, adecuadas para espacios reducidos. Vegetación que necesita de poca agua, tolerante a elevadas temperaturas en situaciones de semisombra. Se sitúan en el cauce urbano de torrente y está constituida por:

- *Cynodon dactilon*
- *Lythrum salicaria*
- *Vitex agnus-castus*

1-21 Vegetación seleccionada para la propuesta. Por orden numérico: *Populus alba*, *Populus nigra*, *Ulmus minor*, *Prunus spinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogima*, *Tamus comunis*, *Vitex agnus-castus*, *Salix fragilis*, *Rosa agrestis*, *Tamarix spp*, *Lythrum salicaria*, *Rubus ulmifolius*, *Nerium-oleander*, *Tamarix spp*, *Typha domingensis*, *Hedera helix*, *Alisma plantago-aquatica*, *Cynodon dactilon*.



8



9



10



11



12



13



15



16



17



18



19



20



21

Zona 6: Vegetación propia del *cauce fluvial en zona urbana muy estrecha y más profunda*, formada por *vegetación acuática* de hojas caducas y flexibles, como *vegetación irregular* y no muy densa, adecuadas para espacios reducidos y trepadoras en los muros verticales del torrente (en puntos concretos). Vegetación que necesita de poca agua, tolerante a elevadas temperaturas en situaciones de semisombra o muy sombreadas. Se sitúan en el cauce urbano estrecho del torrente y está constituida por:

- *Typha domingensis*
- *Alisma plantago-aquatica*.
- *Hedera helix*
- *Cynodon dactilon*

1-21 Vegetación seleccionada para la propuesta. Por orden numérico: Populus alba, Populus nigra, Ulmus minor, Prunus spinosa, Fraxinus angustifolia, Rubus ulmifolius, Crataegus monogima, Tamus comunis, Vitex agnus-castus, Salix fragilis, Rosa agrestis, Tamarix spp, Lythrum salicaria, Rubus ulmifolius, Nerium-oleander, Tamarix spp, Typha domingensis, Hedera helix, Alisma plantago-aquatica, Cynodon dactilon.



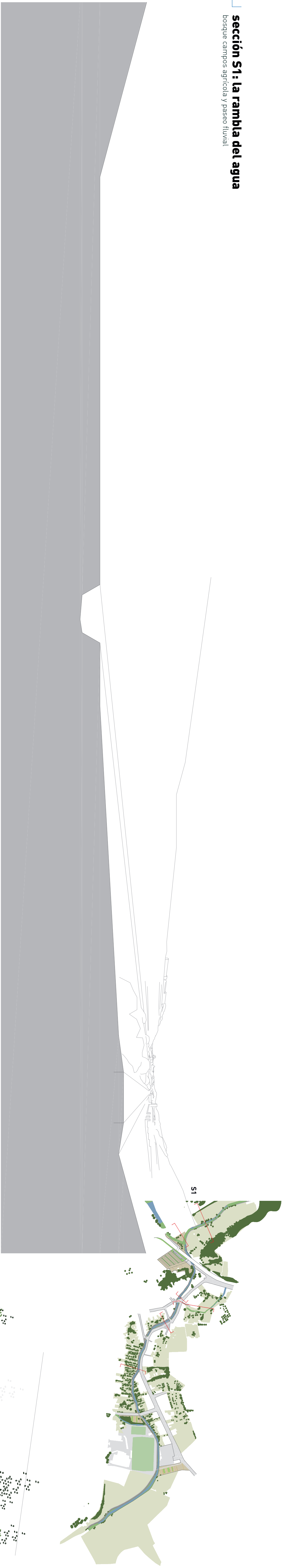
planta: la rambla del agua
e 1:2000

- LEYENDA "LA RAMBLA DEL AGUA"
- 1. Balsa de captación
 - 2. Bosque agrícola y paseo fluvial
 - 3. Balsa de decantación
 - 4. Paso peatonal
 - 5. Aparcamiento-jardín
 - 6. Paseo fluvial del jardín vertical
 - 7. Balcón del agua
 - 8. Aljibe Kane
 - 9. Rambla del agua
 - 10. Plaza del salix fragilix
 - 11. Mirador
 - 12. Paseo fluvial de los jardines de huertas
 - 13. Huertas ecológicas
 - 14. plaza verde (área juegos infantiles)
 - 15. plaza verde (área centro agrícola y picnic)
 - 16. Bosque agrícola y paseo fluvial
 - 17. Fincas agrícolas "llocs"
 - 18. Campos agrícolas



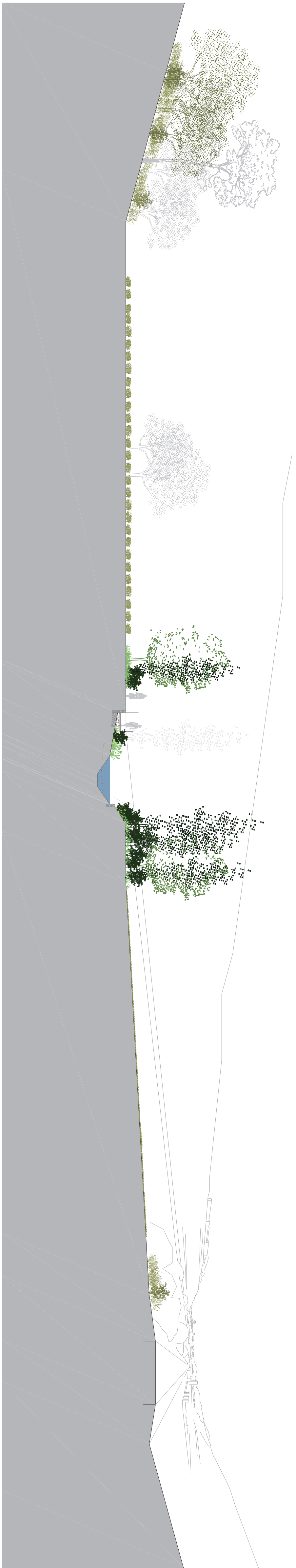
Sección S1: la rambla del agua

bosque campos agrícola y paseo fluvial



estado actual

e 1.200



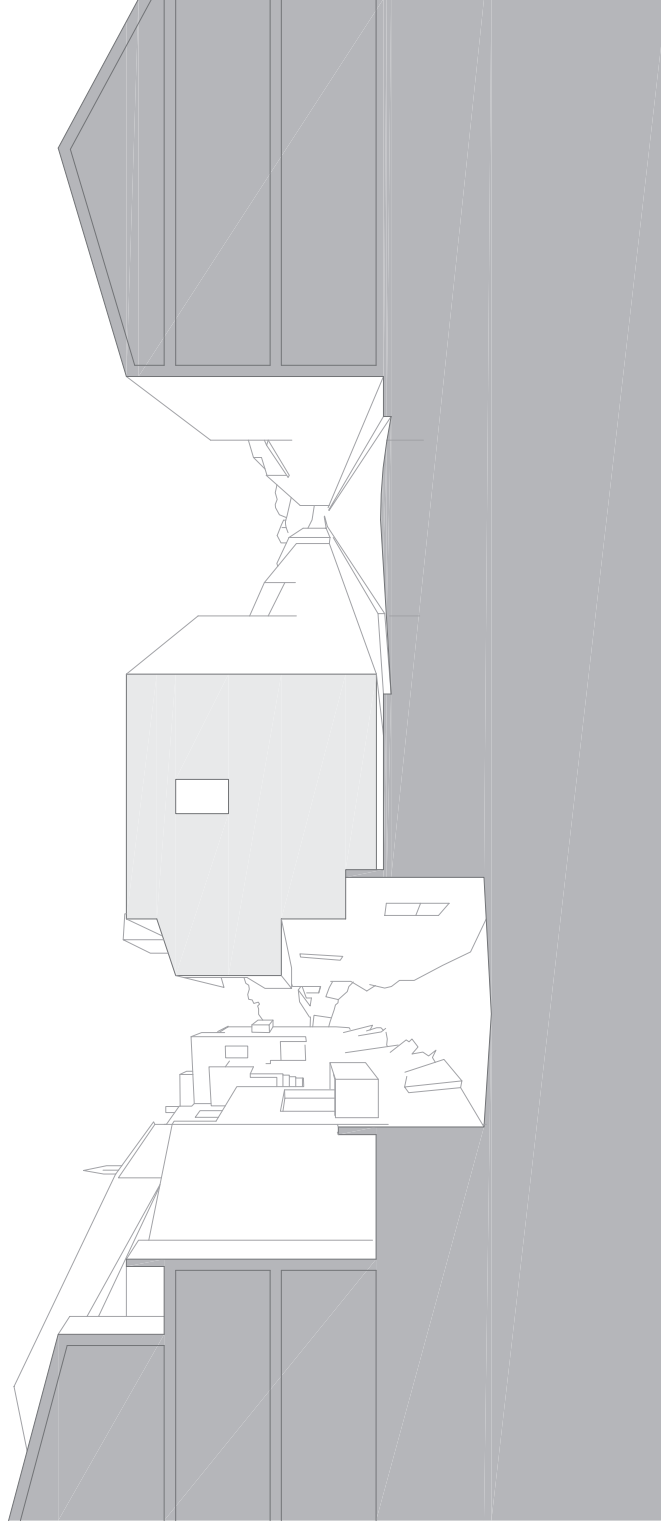
propuesta

e 1.200

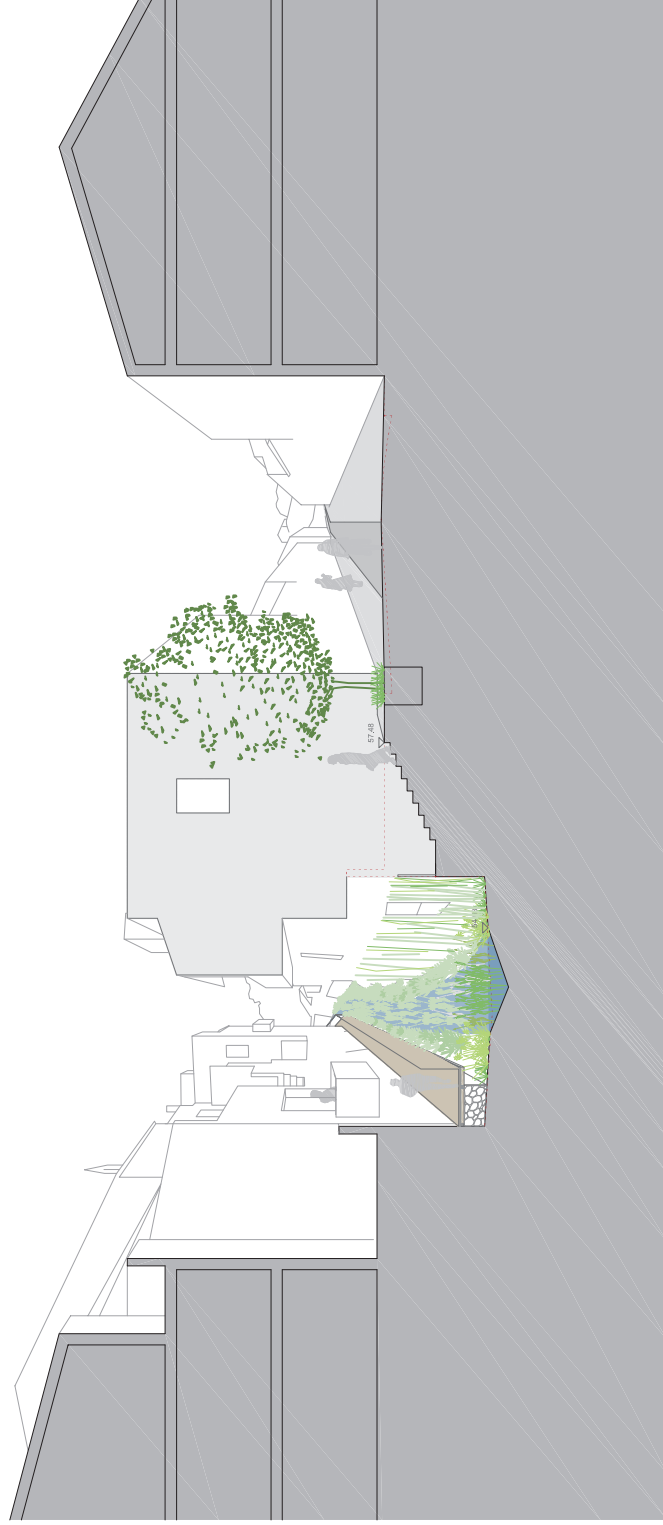
90

sección S3: la rambla del agua

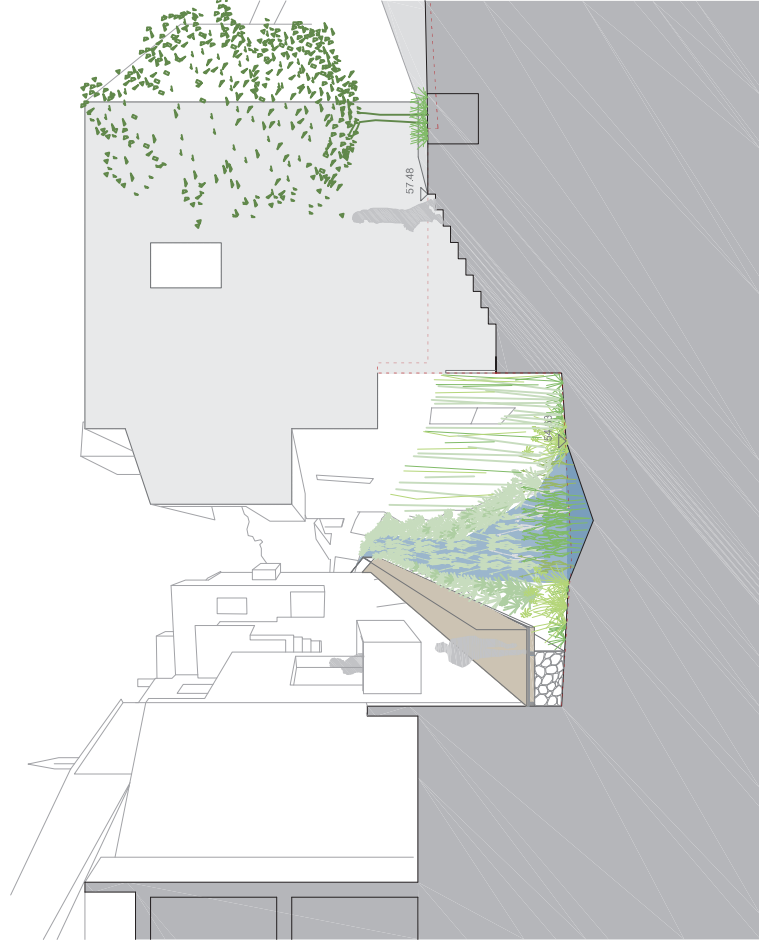
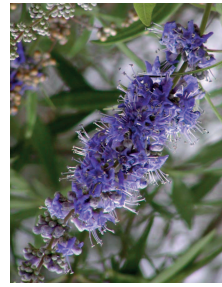
paseo fluvial del jardín vertical



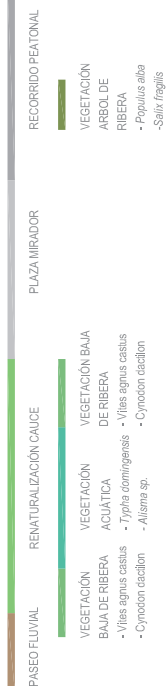
estado actual
e 1.200



proposta
e 1.200

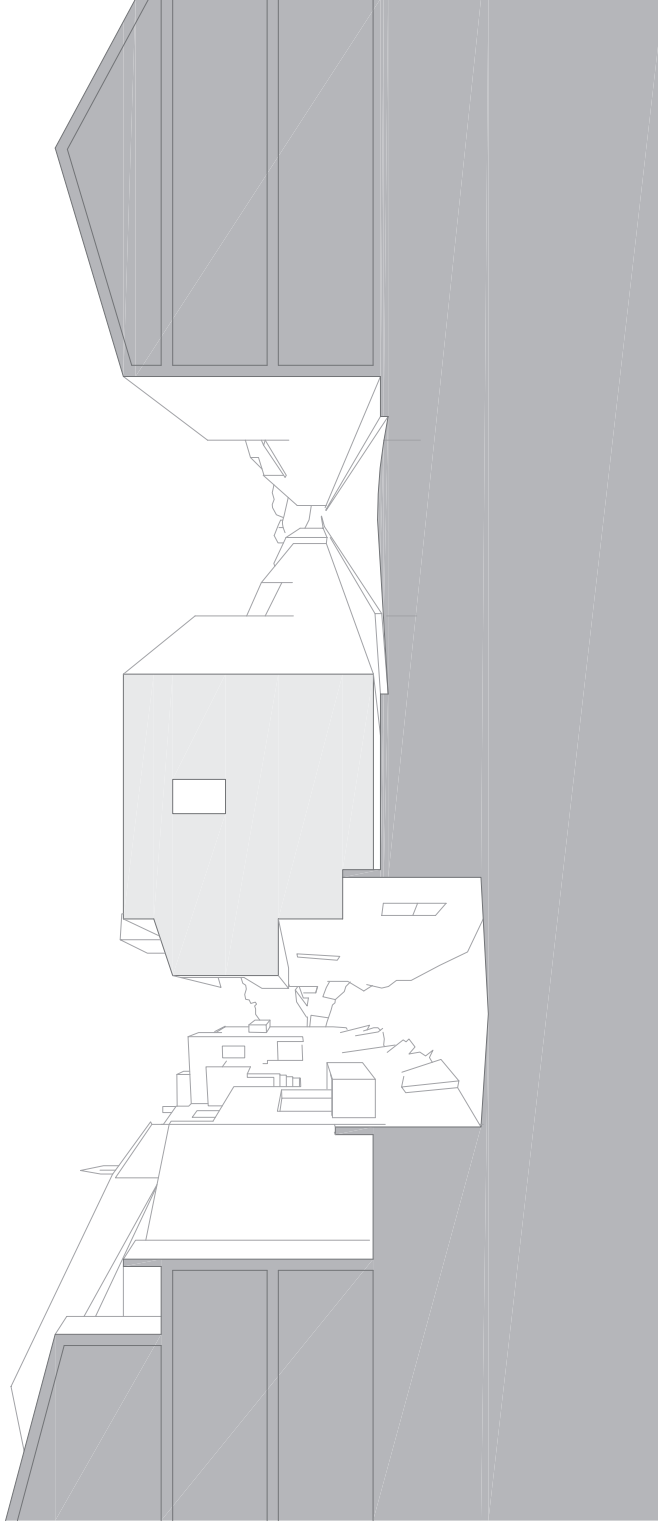


detalle proposta
e 1.150

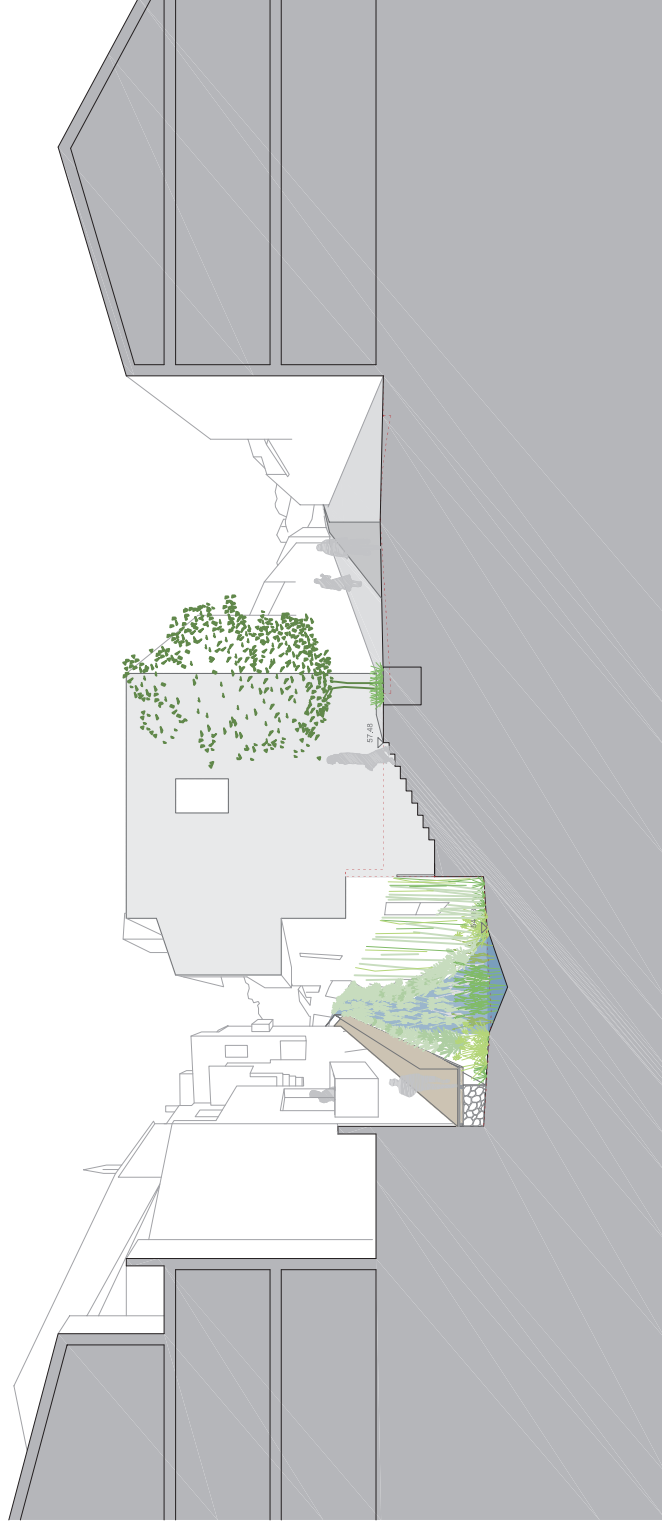


sección S3: la rambla del agua

paseo fluvial del jardín vertical



estado actual
e 1.200



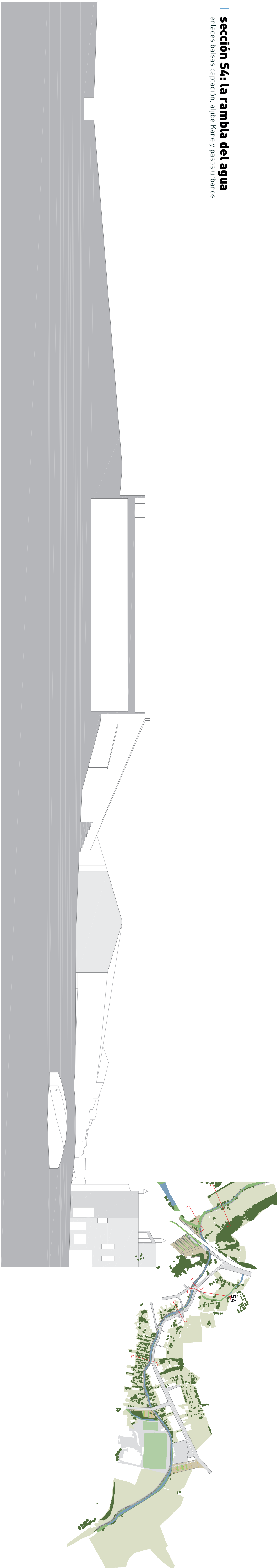
proposta
e 1.200



detalle proposta
e 1.150

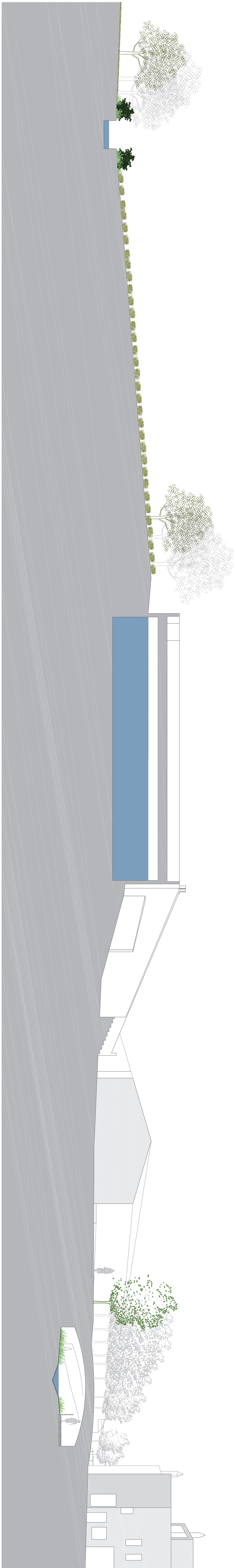
sección S4: la rambla del agua

enlaces balsas captación, aljibe Kane y pasos urbanos



estado actual

e 1.200

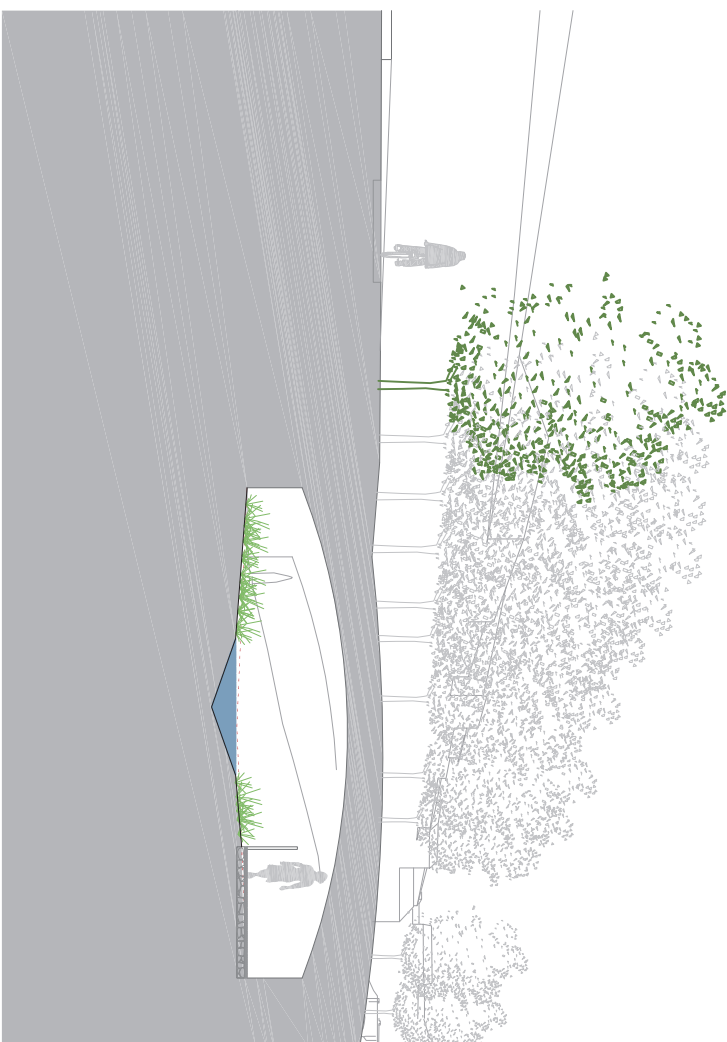


propuesta

e 1.200

RENTABILIZACIÓN CAUCE
VEGETACIÓN ARBOL
VEGETACIÓN HERBÁCEA
CALLE

PASEO URBANO
CICLOVIA
PASEO URBANO
RENTABILIZACIÓN CAUCE
PASEO FLUVIAL



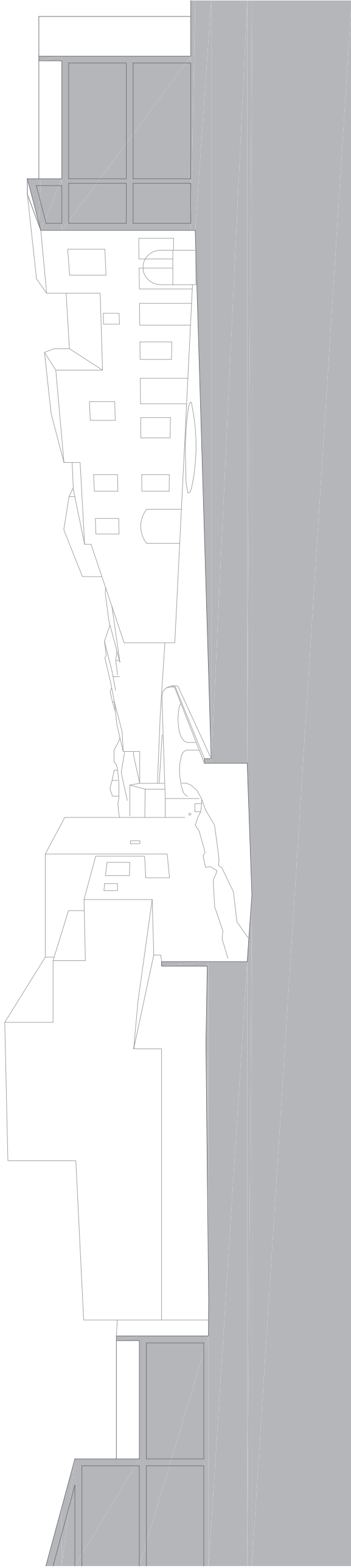
detalle propuesta

e 1.150

PASEO URBANO
CICLOVIA
PASEO URBANO
RENTABILIZACIÓN CAUCE
VEGETACIÓN ARBOL
VEGETACIÓN HERBÁCEA
CALLE

sección S5: la rambla del agua

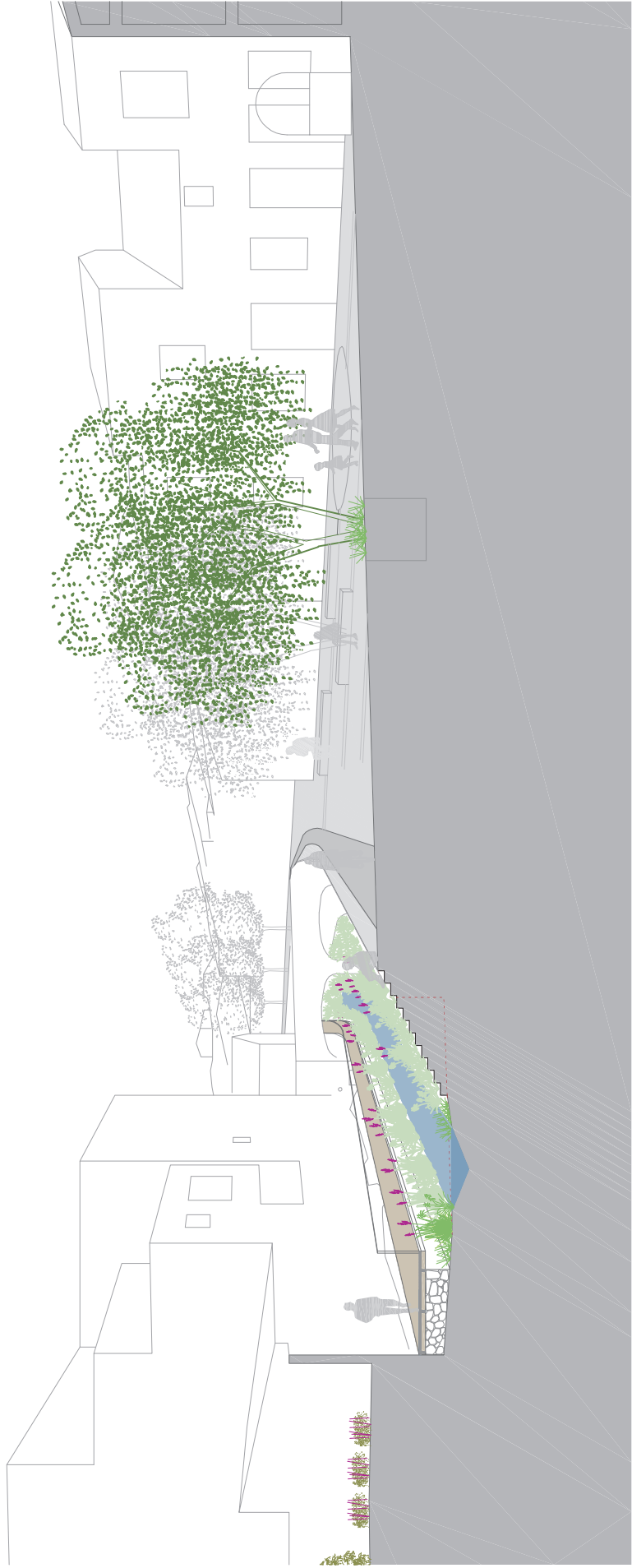
plaza del salix fragilis y mirador



estado actual
e 1.200



propuesta
e 1.200



detalle propuesta
e 1.150

- PAISAJE FLUVIAL RENATURALIZACIÓN CAUCE EXTENSIÓN PLAZA-GRADERA COLOVIA RECORRIDO PEATONAL PLAZA MIRADOR
- VEGETACIÓN
HERBACEA DE
RIBERA
- Cyperus seden
- Lythrum salicaria
- VEGETACIÓN
HERBACEA DE
RIBERA
- Cyperus seden
- Lythrum salicaria
- VEGETACIÓN
ÁRBOL DE
RIBERA
- Salix fragilis

conclusiones

pp |
100 | conclusiones

conclusiones

La tesina presenta la arquitectura e ingeniería como práctica de aproximación para la recuperación del agua y ambientes urbanos singulares para es Mercadal. Se pretende con estas prácticas organizar el espacio fluvial, los usos y aprovechamiento del agua superficial ligado a su ecosistema, pero por otro lado también se configura una visión y una forma de transformarlo y convivir con él. **Estos espacios suponen una relación especial con el lugar, a partir de los procesos del entorno que lo van transformando** convirtiéndose en un vínculo y en motivo de **afectos para sus ciudadanos.**

La **ciencia aporta el conocimiento, la precisión y la aceptación que supone el cambio del modelo hídrico** ante la recuperación del recurso básico, el agua. Indica que es factible recuperar esta estructura de río estacional, su vegetación y funcionalidad como espacio público, pero siempre desde la gestión pública y con la gente implicada (pueblo, turistas, propietarios, usuarios...), los únicos capaces de impulsar el desarrollo sostenible de Mercadal. **La arquitectura es capaz de transformar el espacio fluvial, el entorno de es Mercadal. Combina y descubre pautas estéticas y de significados** (tramas, valores y espacio público) recuperándolas, transformando las infraestructuras existentes (canal Mercadal),) e integrando las estructuras de manejo ambiental (control y gestión de balsas de captación) de las que formará parte aprovechándolas y desarrollándolas.

A partir de la observación, la imaginación y la innovación crea el proyecto urbano de recuperación del ecosistema Mercadal, e implica a sus actores (propietarios, usuarios, el pueblo, los turistas,...). **Permite crear un Mercadal nuevo**, tanto en su entorno urbano como rural, espacios vivos entendidos como una estructura **en continuo cambio**, a través de la evolución de sus componentes el agua y la vegetación, para adaptarse a la dinámica fluvial y a la vivencia ciudadana de sus espacios. La creación de estos **espacios vivos requiere de su gestión y organización social**, para responder a sus variaciones en el tiempo. También **permite el desarrollo sostenible y urbano, y la mejora ambiental.** Un sistema de innovación y desarrollo futuro para Mercadal integrando el enfoque físico y social.

bibliografía

bibliografía

ALDAY, Iñaki y JOVER BIBOUM, Margarita. [2008], *La transformación de un paisaje de agua: El Parque Metropolitano del Agua para la Expo 2008*. Madrid: Equipamiento y servicios municipales nº 135, 2008, págs. 8-22.

CHOW, Ven T. (1964) *Handbook of Applied Hydrology*. New York: a compendium of Water Resources Technology. McGraw-Hill.

ESTRADÉ NIUBÓ, Sonia [2003] *Els recursos hídrics a menorca. L'etern debat*; Maó: IME-OBSAM, 2003.

ESTRADÉ NIUBÓ, Sonia [2003] *Evapotranspiració potencial de menorca. comparació entre els diferents mètodes de càlcul*. Maó: IME-OBSAM, 2003. Document de treball 5/2003.

ESTRADÉ NIUBÓ, Sonia y CARRERAS MARTÍ, David [2007] *Cartografía de la cuenca de recepción de los estanques temporales*. Maó: IME-OBSAM, 2007, Documents tècnics, 4.

ESTRADÉ NIUBÓ, Sonia [Coordinadora del proyecto], QUINTANA FORTUNY, Rafael, FRANQUESA I BALCELLS, Alexandre, PONS FÀBREGAS, Catalina, CHECA MARÍN, Beatriz, TRUYOL I OLIVES, Miquel, CARRERAS MARTÍ, David y BARÓN PÉRIZ, Alfredo [Director del proyecto] [2009] *Cartografía de la vegetació de ribera i valoració del seu estat ecològic, a l'illa de Menorca*. Maó: IME-OBSAM 2009.

FRAGA I ARGUIMBAU, Pere. [2009] *Jardinería mediterránea sin especies invasoras*. Valencia: Generalitat Valenciana. Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, 2009. -- 208 p.: il. ; 29 cm. -- (Manuales técnicos; 1). ISBN 978-84-482-5256-4.

FRANQUESA I BALCELLS, Alexandre [coordinador] CARRERAS MARTÍ, David [coordinador], JULIÀ VILA, Marc, MASANA FORCADA, Dídac, PONS SINTES, Carlos, CHECA MARÍN, Beatriz, RAMISA LOZANO Josep y FIGUERA TOMÀS, Maria [2012] *Cartografía digital de l'ocupació del territori de Menorca*. Maó: IME-OBSAM 2009-2012.

GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, Marta [1999], *Las riberas, elemento clave del paisaje y en la gestión del agua*. Universidad Politécnica de Madrid. El agua a debate desde la Universidad: hacia una nueva cultura del agua: 1er Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas / coord. por MARTÍNEZ GIL, F. J., ARROJO AGUDO, P., 1999 , págs. 499-512.

MALLARACH, Josepmaria [2004] *A propòsit del paisatge*

menorquí: paradoxes, reptes i responsabilitats. Maó, 2004 MARGALEF, Ramon. [1991]. *En los márgenes de los sistemas ecológicos*. Barcelona: Revista Urbanisme nº 7. Estos fragmentos forman parte de la conferencia realizada por Ramón Margalef dentro del ciclo de tópicos singulares del curso 1991, celebrado en el antiguo teatro de la Casa de Caritat.

NANÍA, Leonardo S. y GÓMEZ VALENTÍN, Manuel [2006] *Ingeniería hidrológica*. Granada: Grupo editorial universitario.

NOGUÉ, Joan [2005] *Paisatge i identitat territorial*. Ferreries, Centre de la Natura de Menorca.

PRAT, N., y RIERADEVALL, M. [Grup de recerca F.E.M.] [2010] *Diagnosi de l'estat ecològic del Torrent des Jondal (Eivissa)*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Jesús [Investigador principal]. Investigadores: ESPAÑOL ECHÁNIZ, Ignacio, FROLOVA, Marina, GARCÍA MARTÍN, Miguel, MARTÍNEZ BRAVO, Elena, MONIZ SÁNCHEZ, Carmen, MUÑOZ ESPINOSA, Elena, RAMÍREZ RAMÍREZ, Antonio DE SANTOS MARIÁN, David, TROUT TATE, Ana Louise. Dirección facultativa: ARGÜELLES MARTÍN, Agustín, LÓPEZ MARTOS, Juan, CIFUENTES SÁNCHEZ, Víctor, NORZAGARAY FERNÁNDEZ, Alberto, Dirección científica: ZOIDO NARANJO, Florencio [2012] Los paisajes fluviales en la planificación y gestión del agua. Sevilla: Centro de Estudios Paisaje y Territorio; Universidad de Sevilla.

SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA [2004] Enfoque por ecosistemas, 50 p. [Directrices del CDB]. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica

VIDAL BENITO, Tomás [1978] *La casa rural y la arquitectura tradicional menorquinas*. Barcelona: Revista Catalana de Geografia 1978: Vol.: 1 Núm.: 2 Revista Catalana de Geografia (època primera - Puchades).

websites

<http://www.aj-esmercadal.org>

<http://www.ide.cime.es/visoride>

<http://www.ime.cat>

<http://obsam.cat>

